

**DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE
SECADO DE ARROZ**

GUSTAVO ADOLFO GOMEZ HERNANDEZ

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI
2008**

**DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE
SECADO DE ARROZ**

GUSTAVO ADOLFO GOMEZ HERNANDEZ

Pasantía para optar al título de Ingeniero Mecatrónico

**Director
EDWIN ROJAS
Ingeniero Mecatrónico**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRONICA
SANTIAGO DE CALI
2008**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Mecatrónico

EDWIN ROJAS

Director

BERNARDO SABOGAL - JIMMY TOMBE

Jurados

Santiago de Cali, Febrero 09 2009

En primer le doy un eterno agradecimiento al **señor de los milagros** quien me condujo a través de todos los semestres de estudio y me llevo a la culminación de este sueño que siempre anhele.

Dedicado completamente a mis padres **Amparo Hernández Salazar** y **Gustavo Gómez Morera** quienes con su incondicional apoyo hicieron que este sueño se hiciera realidad. Su constante sacrificio para brindarme todo lo necesario, hizo posible que hoy los honre con este grito de victoria. Dedicado igualmente a mí hermano **Carlos Andrés Gómez Hernández** quien desde la lejanía siempre me ha brindado su apoyo.

Dedicado a **Everardo Hernández** y **Mariela Salazar** a quienes considero como mis segundos padres y estuvieron a mi lado desde el día que empezaron mis estudios hasta hoy, a ellos mis eternos agradecimientos.

Dedicado a **Yolanda Hernández** y **Miryam Hernández** quienes me apoyaron y velaron por mi bienestar desde el día que empezaron mis estudios hasta hoy.

Dedicado a las familias **Hernández Salazar** y **Gómez Morera** quienes siempre estuvieron presentes con su apoyo y comprensión.

Dedicado a mis amigos y compañeros de estudio **Carlos Augusto Ocampo** y **Jonathan Delgado** con quienes compartí experiencias inolvidables llenas de felicidad y tristeza durante todos estos años de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente a la familia **Suso** quienes fueron gestores del proyecto y me brindaron todas las garantías para la realización de este.

Un enorme agradecimiento al ingeniero **Gustavo Adolfo Moreno** quien estuvo involucrado enormemente en el proyecto como asesor. Resalto su gran conocimiento y habilidades en el área de la agroindustria, también su espíritu de mejorar cada día y de dejar una huella en el lugar donde este.

Agradezco enormemente al ingeniero **Adolfo Ortiz Rosas** quien con su gran experiencia y conocimientos ayudo a la culminación del proyecto.

Agradezco al ingeniero **Edwin Rojas** asesor de la universidad autónoma quien con sus consejos y criterio condujo a la finalización del proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	12
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS	16
1.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
2. MISIÓN	17
3. OBTENCIÓN DATOS PRIMARIOS	18
3.1. INTERPRETACIÓN DATOS PRIMARIOS	19
3.2. CLASIFICACION DE PREMISAS	19
4. PLANTEAMIENTO DE NECESIDADES	21
4.1. TABLA DE IMPORTANCIA	21
4.2. MÉTRICAS Y UNIDADES	22
4.3. RELACION DE METRICAS CON NECESIDADES	23
4.4. EVALUAR Y YESCALAFONAR PRODUCTOS COMPETITIVOS A TRAVEZ DEL BENCHMARKING	24
4.5. NIVEL DE IMPORTANCIA DE LAS NECESIDADES DE LOS CLIENTES EN SISTEMAS AUTOMATIZADOS COMPETIDORES	25
4.6. RELACION DE METRICAS CON COMPETIDORES	25
4.7. ASIGNACIÓN DE VALORES IDEALES Y MARGINALES	26
4.8. ASIGNACIÓN DE ESPECIFICACIONES PRELIMINARES	27

5.	ENERACION DE CONCEPTOS	28
5.1.	CLARIFICAR EL PROBLEMA	28
5.1.1.	Descripción del producto.	28
5.1.2.	Necesidades.	28
5.1.3.	Especificaciones	28
5.1.4.	Descomposición funcional del problema	29
5.2.	CONSULTA DE EXPERTOS	31
5.3.	BUSQUEDA INTERNA	32
6.	ARQUITECTURA DE PRODUCTOS	33
6.1.	SELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO	33
6.2.	ESQUEMA DEL SISTEMA	33
6.3.	ESQUEMAS DE ELEMENTOS A CONJUNTOS	35
6.4.	TIPO DE MODULARIDAD	36
7.	DISEÑO INDUSTRIAL	38
7.1.	NECESIDADES ERGONÓMICAS	38
7.2.	NECESIDADES ESTÉTICAS	39
7.3.	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL DISEÑO INDUSTRIAL	40
7.3.1.	Calidad de interfaces de usuario.	40
7.3.2.	Requerimientos emocionales.	40
7.3.3.	Facilidades de mantenimiento y reparación.	40
7.3.4.	Uso apropiado de recursos.	40
7.3.5.	Diferenciación del producto.	40

8.	DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE	42
8.1.	DISEÑO DEL SOFTWARE	42
8.1.1.	Análisis de la etapa 1 prelimpieza.	42
8.1.2.	Análisis de la etapa 2 Limpieza.	44
8.1.3.	Análisis de la etapa 3 Presecado.	46
8.1.4.	Software para PLC.	49
8.1.5.	Configuración driver para la comunicación HMI – PLC.	56
8.1.6.	Desarrollo de la interfaz hombre maquina (HMI).	61
8.2.	DISEÑO DEL HARDWARE	68
8.2.1.	Adquisición, procesamiento y transmisión.	68
9.	DISEÑO PARA MANUFACTURA	76
9.1.	ESTIMACIÓN DEL COSTO DE MANUFACTURA	76
9.2.	COSTO DE ENSAMBLAJE	77
10.	CONCLUSIONES	78
11.	RECOMENDACIONES	79
	BIBLIOGRAFIA	80
	ANEXOS	82

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tabla de importancia	21
Tabla 2. Métricas y unidades	22
Tabla 3. Relación de métricas con necesidades	23
Tabla 4. Nivel de importancia de las necesidades de los clientes en sistemas automatizados competidores	25
Tabla 5. Relación de métricas con competidores	26
Tabla 6. Asignación de valores ideales y marginales	27
Tabla 7. Asignación de especificaciones preliminares	27
Tabla 8. Relación del texto mostrado en el grafico	43
Tabla 9. Condiciones de trabajo etapa 1	43
Tabla 10. Relación del texto mostrado en el grafico	45
Tabla 11. Condiciones de trabajo etapa 2	45
Tabla 12. Relación del texto mostrado en el grafico	47
Tabla 13. Condiciones de trabajo etapa 3	48
Tabla 14. Temperatura de los lechos según el % de humedad	54
Tabla 15. Comparación de las cpus s7-200	69
Tabla 16. Características em-223	71
Tabla 18. Equipos de automatización, control y comunicaciones industriales.	76
Tabla 19. Materiales eléctricos para el tablero de control e instalaciones en campo.	77

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema descomposición 1 caja negra	29
figura 2. Esquema descomposición 2 sistema de automatización	30
figura 3. Esquema descomposición 3 plc	30
figura 4. Sistema de automatización para el control de secamiento de arroz con hornos de cascarilla	31
figura 5. Diagrama de modularidad intercambiable	34
figura 6. Esquemas de modularidad intercambiable	34
figura 7. Esquemas de elementos a conjuntos	36
figura 8. Esquemas de conexiones	37
figura 9. Evaluación de las necesidades ergonómicas	39
figura 10. Evaluación de las necesidades estéticas	39
figura 11. Evaluación del diseño industrial	41
figura 12. Etapa 1 prelimpieza	42
figura 13. Etapa 2 limpieza	44
figura 14. Etapa 3 presecado	47
figura 15. Grafcet control elementos del proceso	50
figura 16. Diagrama control de temperatura	55
figura 17. Identificación del canal	56
figura 18. Selección driver del plc	57
figura 19. Selección adaptador de red del pc	57

figura 20. Resumen configuración del canal	58
figura 21. Adición del dispositivo	58
figura 22. Selección del modelo de plc a utilizar	59
figura 23. Asignación de ip al plc	59
figura 24. Configuración tsap local y remoto	60
figura 25. Resumen configuración del dispositivo	60
figura 26. Configuración de las variables	61
figura 27. Estructura modular wincc	62
figura 28. Panel de selección tipo de proyecto	63
figura 29. Configuración panel del operador y conexión	63
figura 31. Estación de trabajo wincc flexible	64
figura 32. Imagen inicial hmi proceso de secado	65
figura 33. Imagen de monitoreo hmi proceso de secado	66
figura 34. Imagen de mando y monitoreo hmi proceso de secado	67
figura 36. Cpu 226	70
figura 37. Em-223	71
figura 38. Em-235	72
figura 39. Switches de configuración del em-235	72
figura 40. Asistente ethernet de step 7 micro/win 32	74
figura 41. Fuente sitop 2a siemens	75

GLOSARIO

AGROINDUSTRIA: rama de industrias que transforman los productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca, en productos elaborados.

AUTOMATIZACION: sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos

HMI: Interfaz de usuario por sus siglas en idioma inglés, (Human Machine Interfaz) que se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas;

HUMEDAD: es la condición del aire con respecto a la cantidad de vapor de agua que contiene.

HUMEDAD RELATIVA: es la relación entre la presión real del vapor de agua contenida en el aire húmedo y la presión del vapor saturado a la misma temperatura. Se mide en tanto por ciento (%).

INDUSTRIAL ETHERNET: red que cumple con los estándares internacionales (IEEE 802.3) válida para todos los campos en la automatización de la producción

OPC: (*OLE for Process Control*) es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos. Este estándar permite que diferentes fuentes envíen datos a un mismo servidor OPC, al que a su vez podrán conectarse diferentes programas compatibles con dicho estándar. De este modo se elimina la necesidad de que todos los programas cuenten con drivers para dialogar con múltiples fuentes de datos, basta que tengan un driver OPC

PLC: controlador lógico programable (*Programmable Logic Controller*). Dispositivo electrónico de propósito especial utilizado en la industria como elemento de control y monitoreo de máquinas, motores, válvulas, sensores, medidores, etc. Este dispositivo tiene características de elemento programable y la capacidad de poder conectarse a una red.

TCP/IP: (Transmission Control Protocol / Internet Protocol, Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet) es uno de los protocolos fundamentales en Internet. Fue creado entre los años 1973 - 1974 por Vint Cerf y Robert Kahn). Muchos programas dentro de una red de datos compuesta por ordenadores pueden usar TCP para crear *conexiones* entre ellos a través de las cuales enviarse un flujo de datos. El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron.

RESUMEN

La industria molinera Arrocería La Esmeralda S. A. ha planteado una problemática a los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma de Occidente, que dio origen a este proyecto.

El proceso de secado de arroz, reduce la humedad y las impurezas que presenta el grano de arroz al momento que ingresa al molino. Teniendo en cuenta los parámetros de mayor importancia para la empresa, se decidió hacer un estudio del funcionamiento del proceso en el cual, se realizó una búsqueda de información con el jefe de área y los operarios, y se consignaron sugerencias sobre posibles mejoras.

Se definieron las variables del proceso, estableciendo varios conceptos, de los cuales, se compararon con la competencia y dio como resultado un concepto de sistema de automatización que está a nivel de la competencia más fuerte, con un valor agregado y diferenciado.

De acuerdo a la prioridad de las premisas y las restricciones, se realizó la programación de un PLC, para controlar el proceso de secado, posteriormente se realizó la interfaz hombre máquina, en un software de ingeniería especializado en el desarrollo HMI innovador para todas las aplicaciones a nivel de máquina y de proceso.

Realizada la programación para el PLC y teniendo en cuenta las necesidades de la planta, se selecciona el hardware que este acorde con las necesidades del proceso y del programa realizado, se selecciono elementos que estuvieran a la altura del proceso, que certificados por los estándares internacionales y que produjeran una innovación tecnológica dentro de la planta. Todo esto se realizó con la colaboración y asesoría de empresas especializadas en automatización de procesos.

Los beneficios que se presentan al realizar un proceso de automatización, para el proceso de secado en las instalaciones de la Arrocería La Esmeralda S.A. se ven representados en el mejoramiento del proceso, presentando una homogeneidad en la temperatura de los lechos fluidizados, evitando el mal procesamiento de 85 kilogramos por minuto que se estaba presentando dentro del proceso, los cuales representan una pérdida de \$85.000 por minuto

INTRODUCCIÓN

Arrocera La Esmeralda es una empresa dedicada a la producción de arroz de alta calidad. En este proceso de producción el grano de arroz es sometido a un proceso de secado ya que este grano, una vez cosechado necesita ser secado (reducción de su tenor de humedad) con el objetivo de disminuir el metabolismo propio de los granos y de los microorganismos a ellos asociados, para su buena conservación y posterior elaboración. Como es sabido, en arroz es de fundamental importancia el rendimiento de entero y su calidad industrial. Por eso el secado es el primer grado de importancia en la pos – cosecha. Este proceso está dividido en 3 fases las cuales son prelimpieza, limpieza y presecado.

Limpieza del arroz con cáscara. En la operación de limpieza se busca remover la mayor parte del material extraño y semillas objetables que se encuentren en un lote de arroz que se recibe del campo.

La limpieza es una operación clave en el acondicionamiento del grano y en la obtención de mayor eficiencia de los equipos. El trabajo se realiza utilizando principios físicos aplicados a las diferencias que existen entre las propiedades de los granos de arroz y las impurezas, como son: forma, peso y velocidad terminal. En Colombia las industrias molineras utilizan entre 2 y 3 pasos de limpieza, con equipos de diferente tipo. Normalmente el primer paso se realiza sobre el grano húmedo, con las denominadas prelimpiadoras, del tipo de jaula de ardilla y aire, que extraen 1.5 o 2% de impurezas. El segundo paso, también sobre grano húmedo, se cumple con limpiadoras de zarandas y aire que remueven otro 1.5% o 2% de impurezas y, un tercer paso, también con máquinas de zarandas y aire, se hace sobre grano seco, o en proceso de secado, y permite extraer 1% aproximadamente de impurezas y polvo.

Arrocera La Esmeralda S. A. concede mayor atención a esta labor porque facilita todas las operaciones posteriores del proceso y se traduce en mejor rendimiento en secado, mejor conservación del grano durante el almacenaje y mayor rendimiento en el descascarado.

Secamiento y almacenaje. El proceso de secamiento determina o incide en alto porcentaje sobre la calidad del arroz, El proceso de secado busca reducir el porcentaje de humedad del grano de arroz con cáscara hasta un 13%. Este proceso es realizado por medio de 2 lechos fluidizados. El aire del proceso se suministra al lecho a través de una placa especial de distribuidor perforada y fluye a través del lecho de sólidos a una velocidad suficiente para soportar el peso de las partículas en estado fluidizado. Se forman burbujas y caen en el lecho fluidizado del material, promoviendo un intenso movimiento de partículas. También

es importante la temperatura de trabajo de cada lecho, que determina la humedad de salida del grano, y depende de la humedad de ingreso del grano de arroz.

La importancia de este proyecto radica en la necesidad de mantener un constante monitoreo sobre los elementos que conforman el proceso. Cumpliendo con una de las misiones de Arrocería La Esmeralda S.A. la cual es Invertir, en la última tecnología sobre el procesamiento del arroz, y en la capacitación de todas las personas involucradas en el, con el fin de alcanzar un control total de la calidad que nos permita ser cada día más competitivos dentro de las nuevas exigencias del mercado y pretende la elaboración del diseño de una Automatización para el proceso de secado del arroz.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema para la automatización del proceso de secado de arroz.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar el comportamiento del proceso de secado.
- Analizar los requerimientos del proceso con el fin de mejorar su desempeño.
- Diseñar un sistema que permita automatizar y controlar el proceso de secado.
- Identificar actividades a desarrollar y precauciones requeridas para la puesta en marcha del diseño en el proceso de secado.

2. MISIÓN

- **Descripción del producto.** Sistema automatizado para el control y monitoreo del proceso de secado de arroz con interfaz grafica.

- **Principales objetivos de marketing.** Introducir el sistema en todas las industrias molineras de arroz en Colombia.

Ser pioneros en la automatización del proceso de secado en la industria molinera de arroz.

- **Mercado primario.** Industrias molineras de arroz.

- **Mercado secundario.** Empresas del sector agroindustrial.

- **Premisas y restricciones.** Fácil de operar, sistema que reporte estado del proceso, comunicación eficiente y que reporte fallas.

- **Partes implicadas.** Arrocera La Esmeralda S. A., operadores de diseño, operadores de manufactura, proveedores.

3. OBTENCIÓN DATOS PRIMARIOS

Para la obtención de datos primarios, se recurrió al estudio detallado del proceso de secado dentro de las instalaciones de la Arrocera La Esmeralda. Posteriormente se entrevisto el jefe de área y los operarios. Esta búsqueda interna se realizó con el fin de entender las diferentes problemáticas que se presentan en el proceso y así, tener una proyección detallada de los aspectos que se deben mejorar.

❖ **Necesidades planteadas por el jefe de área y los operarios del proceso de secado**

- El sistema debe soportar un ambiente hostil, bajo situaciones de trabajo difícil como polvo excesivo, altas temperaturas y humedad.
- Las fallas dentro del proceso, son corregidas en el momento que el operario se percata de estas, ocasionando más fallas dentro del proceso y pérdida de materia prima.
- Se quiere dividir el proceso en varias etapas.
- Las tolvas que están dentro del proceso no tienen ningún tipo de supervisión sobre el nivel de estas, se requiere conocer el nivel de las tolvas.
- El proceso es puesto en marcha en el orden deseado por el operario, es necesario, establecer una secuencia adecuada para el encendido del proceso.
- Se quiere controlar el proceso desde un computador, por medio de una interfaz gráfica.
- Se desea visualizar el proceso en los computadores que se encuentran dentro de la red interna de la planta.
- El proceso es puesto en marcha solo de modo manual, se quiere disponer de un modo automático.

3.1. INTERPRETACIÓN DATOS PRIMARIOS

La interpretación de los datos anteriormente obtenidos es muy importante, debido a que las palabras expresadas por el jefe de área y los operarios no reflejan la verdadera magnitud de lo realmente requerido, es por eso que se utilizan parámetros técnicos o de ingeniería, para hacer más concretos los requerimientos y necesidades.

- Que el proceso sea dividido en 3 etapas.
- Que el sistema pueda controlar cada una de las etapas.
- Que el sistema posea un modo de funcionamiento manual y automático.
- Que el sistema proporcione información sobre el proceso.
- Que sea resistente al polvo y la humedad del medio de trabajo.
- Que posea comunicación Ethernet.
- Que el sistema posea un HMI para los operarios.
- El HMI debe ser amigable al operario.
- Que el sistema se pueda controlar desde el HMI de los operarios.
- Que el sistema posea un HMI para el jefe de área.
- Que el sistema genere avisos sobre las fallas.
- Que el sistema actúe ante una falla.
- Que el sistema tenga información del nivel de las tolvas.
- Que la vida útil del sistema sea larga.

3.2. CLASIFICACION DE PREMISAS

❖ Durabilidad

- Que sea resistente al polvo y la humedad del medio de trabajo.
- Que la vida útil del sistema sea larga.

❖ Operación

- Que el sistema se pueda controlar desde el HMI de los operarios.
- El HMI debe ser amigable al operario.
- Que el sistema posea un HMI para el jefe de área.
- Que posea comunicación Ethernet.

❖ **Funcionamiento**

- Que el proceso sea dividido en 3 etapas.
- Que el sistema posea un modo de funcionamiento manual y automático.
- Que el sistema proporcione información sobre el proceso.
- Que el sistema genere avisos sobre las fallas.
- Que el sistema actúe ante una falla.
- Que el sistema tenga información del nivel de las tolvas.
- Que el proceso sea dividido en varias etapas.
- Que el sistema pueda controlar cada una de las etapas.

4. PLANTEAMIENTO DE NECESIDADES

- El sistema recibe y transmite datos del proceso utilizando comunicación industrial Ethernet.
- El sistema actúa y suministra información ante las fallas del proceso.
- El sistema controla y divide el proceso en 3 etapas.
- El sistema brinda modos de funcionamiento manual y automático.
- El sistema informa el estado del proceso y de los elementos que lo conforman.
- El sistema es resistente a factores del entorno como humedad y polvo.
- El sistema proporciona un HMI amigable para el control y la supervisión del proceso.
- El sistema funciona adecuadamente después de tiempos prolongados de uso.

4.1. TABLA DE IMPORTANCIA

Se evaluó la importancia que tendrán de las necesidades obtenidas en nuestro sistema.

Tabla 1. Tabla de importancia

No.	NECESIDAD	IMPORTANCIA
1	El sistema recibe y transmite datos del proceso utilizando comunicación industrial Ethernet.	5
2	El sistema actúa y suministra información ante las fallas del proceso.	5
3	El sistema controla y divide el proceso en 3 etapas.	4
4	El sistema brinda modos de funcionamiento manual y automático.	5
5	El sistema informa el estado del proceso y de los elementos que lo conforman.	4

Continuación tabla 1

No.	NECESIDAD	IMPORTANCIA
6	El sistema es resistente a factores del entorno como humedad y polvo.	5
7	El sistema proporciona un HMI amigable para el control y la supervisión del proceso.	5
8	El sistema funciona adecuadamente después de tiempos prolongados de uso.	4

La importancia asignada a cada ítem se realizó tomando como base las necesidades más reiteradas por los operarios y observadas en el proceso, en ocasiones las necesidades eran las mismas.

4.2. MÉTRICAS Y UNIDADES

Se interpretan las necesidades, se les da un valor medible (métrica), y dentro de estos valores se diseña el producto enfocando mayores recursos, debido a que es lo primordial para el usuario.

Tabla 2. Métricas y unidades

Métrica No.	Necesidad No	Métrica	Importancia	Unidades
1	1,2,5,7	Transmisión de datos	5	Mbits
2	1,2,5,7	Comunicación industrial	5	Subjetivo
3	3,4,7	Aspecto visual	5	Subjetivo
4	6,8	Resistencia a la humedad	5	KiloCal. / m ² K
5	6,8	Resistencia al polvo	5	%
6	8	Vida útil	4	Años
7	3,4,7	Manuales de operación	5	Subjetivo
8	1,2,3,4,7	Acceso al sistema	4	Subjetivo

4.3. RELACION DE METRICAS CON NECESIDADES

Tabla 3. Relación de Métricas con necesidades

NECESIDAD		IMP.	1	2	3	4	5	6	7	8
			Transmisión de datos	Comunicación industrial	Aspecto visual	Resistencia a la humedad	Resistencia al polvo	Vida útil	Manuales de operación	Acceso al sistema
1	El sistema recibe y transmite datos del proceso utilizando comunicación industrial Ethernet	5	X	X						
2	El sistema actúa y suministra información ante las fallas del proceso	5	X	X						
3	El sistema controla y divide el proceso en 3 etapas	5			X				X	X
4	El sistema brinda modos de funcionamiento manual y automático	5			X				X	X
5	El sistema informa el estado del proceso y de los elementos que lo conforman	5	X	X						
6	El sistema es resistente a factores del entorno como humedad y polvo	4				X	X			
7	El sistema proporciona un HMI amigable para el control y la supervisión del proceso	5	X	X	X				X	X
8	El sistema funciona adecuadamente después de tiempos prolongados de uso	4				X	X	X		

4.4. EVALUAR Y YESCALAFONAR PRODUCTOS COMPETITIVOS A TRAVEZ DEL BENCHMARKING

La idea de Benchmarking es sencilla, significa admitir que alguien puede hacer algo mejor que uno y que uno puede tratar de alcanzarlo y superarlo. Intento explicar el concepto que, vale aclarar, no es estático sino dinámico y adaptable a diferentes necesidades.

Se realizo una búsqueda en el mercado de desarrolladores de sistemas automatizados, involucrados en el proceso de secado del arroz, la cual arrojo el siguiente resultado:

Ingetes S.A. (Control de secamiento de arroz con hornos de cascarilla)
Mario Contreras (Control proceso de secado)

Al realizar la comparación con los diferentes competidores, se examinaron las virtudes y las falencias que poseen los sistemas de automatización involucrados en el proceso de secado, en el mercado y es de considerar que en lo que respecta a la comunicación de datos, la división del proceso por etapas, la resistencia a factores del entorno y la información del estado del proceso, se presentan falencias en estos sistemas, consecuentemente, para desarrollar este tipo de sistema de automatización, de tal forma que sea competitivo, se requiere mejorar e innovar en estos 4 aspectos de gran importancia para el diseño que requiere Arrocería La Esmeralda S.A.

4.5. NIVEL DE IMPORTANCIA DE LAS NECESIDADES DE LOS CLIENTES EN SISTEMAS AUTOMATIZADOS COMPETIDORES

Tabla 4. Nivel de Importancia de las necesidades de los clientes en sistemas automatizados competidores

NECESIDAD		IMP.	1	2
			INGETES S.A.	MARIO CONTRERAS
1	El sistema recibe y transmite datos del proceso utilizando comunicación industrial Ethernet.	5	***	*
2	El sistema actúa y suministra información ante las fallas del proceso.	5	****	*
3	El sistema controla y divide el proceso en 3 etapas.	5	*	*
4	El sistema brinda modos de funcionamiento manual y automático.	5	*****	*****
5	El sistema informa el estado del proceso y de los elementos que lo conforman.	5	**	**
6	El sistema es resistente a factores del entorno como humedad y polvo.	4	***	*
7	El sistema proporciona un HMI amigable para el control y la supervisión del proceso.	5	****	***
8	El sistema funciona adecuadamente después de tiempos prolongados de uso.	4	*****	*

4.6. RELACION DE METRICAS CON COMPETIDORES

Los competidores asignan diferentes valores a las soluciones planteadas por estos para las necesidades del cliente, estos valores son estudiados y analizados para direccionar los esfuerzos en el nuevo diseño del sistema, mejorando en las deficiencias de los competidores y manteniendo las cualidades de estos.

Tabla 5. Relación de métricas con competidores

Nº Métrica	Nº Necesidad	Métrica	Importancia	Unidades	INGETES S.A.	MARIO CONTRERAS
1	1,2,5,7	Transmisión de datos	5	Mbits	100	0
2	1,2,5,7	Comunicación industrial	5	subj	SI	N0
3	3,4,7	Aspecto visual	4	subj	AGRA-DABLE	AGRA-DABLE
4	6,8	Resistencia a la humedad	4	KiloCal . / m ² K	8	3
5	6,8	Resistencia al polvo	3	%	70	30
6	8	Vida útil	5	Años	7	1
7	3,4,7	Manuales de operación	5	subj	SI	N0
8	1,2,3,4,7	Acceso al sistema	4	subj	RESTRINGIDO	ILIMITADO

4.7. ASIGNACIÓN DE VALORES IDEALES Y MARGINALES

De acuerdo a la tabla anterior de relación de métricas con los competidores, se afirma que este diseño se debe diferenciar por dividir el proceso del secado en varias etapas, la resistencia a los factores del entorno, información en tiempo real del estado del proceso y la transmisión de datos por medio de comunicación Ethernet.

Tabla 6. Asignación de valores ideales y marginales

	Métrica	Unidades	Valor Marginal	Valor Ideal
1	Transmisión de datos	Mbits	10	100
2	Comunicación industrial	Subj	Si	Si
3	Aspecto visual	Subj	Agradable	Agradable
4	Resistencia a la humedad	KiloCal. / m ² K	10	10
5	Resistencia al polvo	%	70	100
6	Vida útil	Años	5	10
7	Manuales de operación	Subj	Si	Si
8	Acceso al sistema	Subj	Restringido	Restringido

4.8. ASIGNACIÓN DE ESPECIFICACIONES PRELIMINARES

De acuerdo con los estudios del mercado realizados, se establecen los valores de las especificaciones preliminares para el nuevo sistema. Los valores de las especificaciones no deben estar por debajo de los valores marginales y preferiblemente cerca al valor ideal, para lograr introducir al mercado un sistema competitivo.

Tabla 7. Asignación de especificaciones preliminares

	Métrica	Unidades	Valor Ideal
1	Transmisión de datos	Mbits	100
2	Comunicación industrial	Subj	Si
3	Aspecto visual	Subj	Agradable
4	Resistencia a la humedad	KiloCal. / m ² K	10
5	Resistencia al polvo	%	80
6	Vida útil	Años	8
7	Manuales de operación	Subj	Si
8	Acceso al sistema	Subj	Restringido

5. GENERACION DE CONCEPTOS

5.1. CLARIFICAR EL PROBLEMA

5.1.1. Descripción del producto. Sistema automatizado para el control y monitoreo del proceso de secado de arroz con interfaz grafica.

5.1.2. Necesidades.

- El sistema recibe y transmite datos del proceso.
- El sistema actúa y suministra información ante las fallas del proceso.
- El sistema controla y divide el proceso en 3 etapas.
- El sistema brinda modos de funcionamiento manual y automático.
- El sistema informa el estado del proceso y de los elementos que lo conforman.
- El sistema es resistente a factores del entorno como humedad y polvo.
- El sistema proporciona un HMI amigable para el control y la supervisión del proceso.
- El sistema funciona adecuadamente después de tiempos prolongados de uso.

5.1.3. Especificaciones

- Transmisión de datos utilizando comunicación industrial Ethernet.
- Almacenamiento de fallas del proceso.
- Información visual del estado de cada uno de los elementos del proceso.
- Interfaz grafica fácil de utilizar.
- Interfaz grafica con restricciones.
- Uso continuo del equipo mínimo 3 semanas.

- Permitir la selección del modo de arranque del proceso.
- Permitir la selección de las diferentes etapas del proceso.

5.1.4. Descomposición funcional del problema

Figura 1. Esquema descomposición 1 caja negra

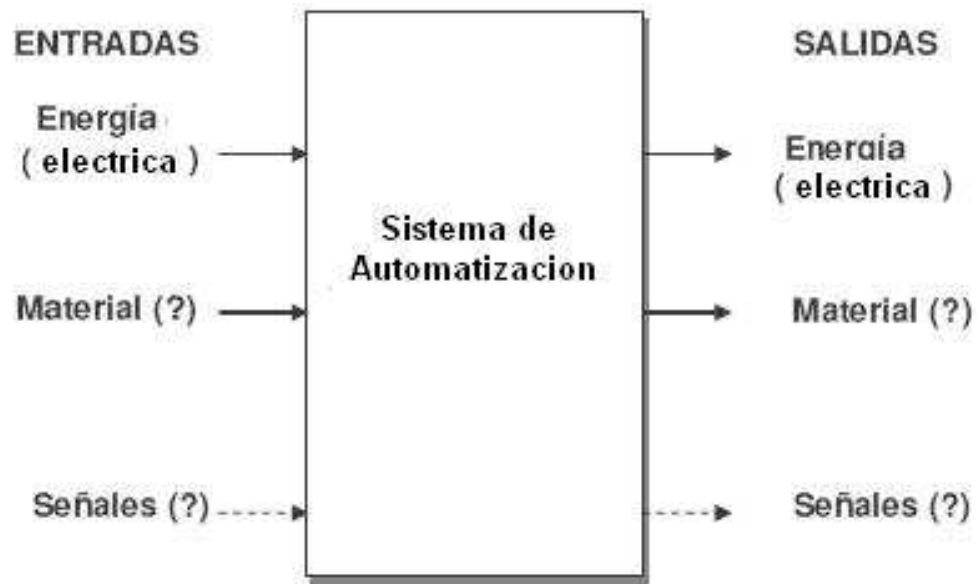


Figura 2. Esquema descomposición 2 sistema de automatización

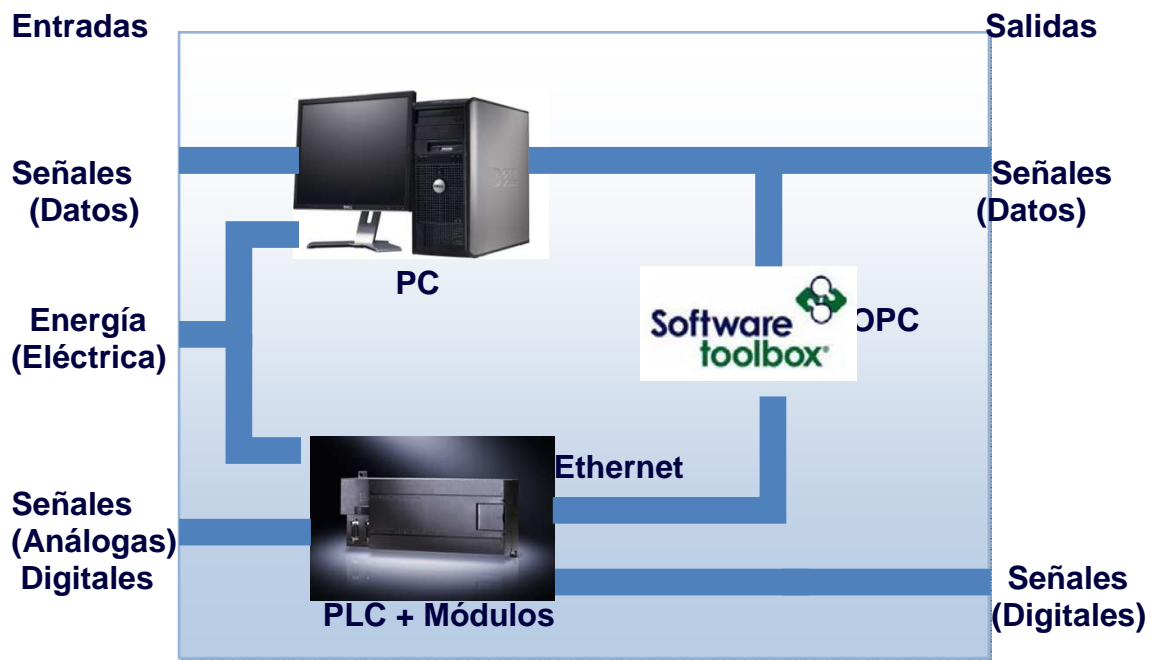
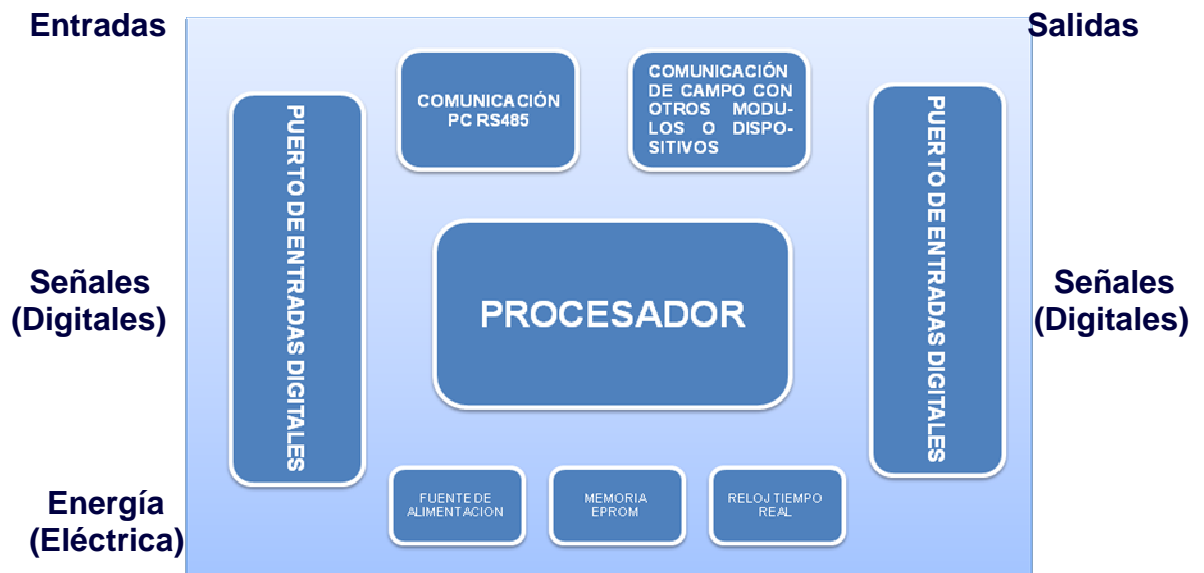


Figura 3. Esquema descomposición 3 PLC

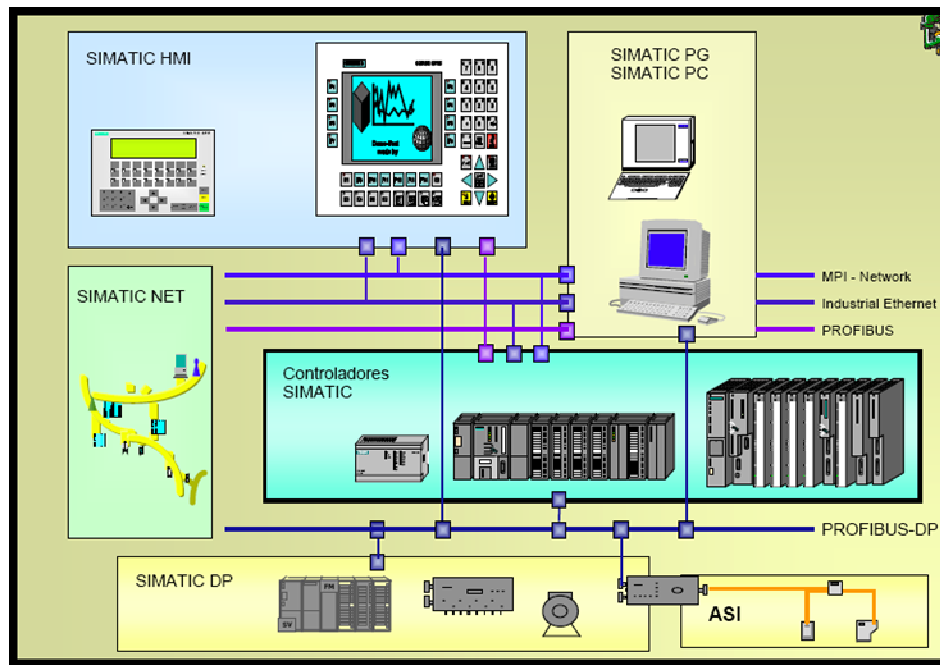


5.2. CONSULTA DE EXPERTOS

- **Control de secamiento de arroz con hornos de cascarilla.** Sistema de automatización planteado por la compañía INGETES S.A. el cual consiste en sensar la temperatura en cada secadora de alberca o torre, un d mper controlado por un actuador electrónico para el control del aire caliente, el cual se mantiene en la temperatura deseada mediante un lazo de control a través de un PLC, así como la alimentación de cascarilla continua controlado por un variador de velocidad mediante un PLC. El PLC es de la familia SIMATIC S7, configurado e instalado con sus tarjetas de entradas y salidas discretas y análogas en un tablero principal.

En el tablero principal está ubicada una pantalla de supervisión de procesos MP370 SIEMENS, en donde se encuentran programados los despliegues del proceso, como son las tendencias de temperatura, estado de motores y ventiladores, eventos de fallas y su funcionamiento principal es brindarles esta información a los operadores de campo. Por último la supervisión de todo el sistema es enviado vía Ethernet a un software de supervisión WINCC 6.2, y allí, se supervisa y se llevan los históricos de las variables de proceso.

Figura 4. Sistema de Automatización para el control de secamiento de arroz con hornos de cascarilla



Fuente: presentación Ingetes [en línea]. Bogotá: Ingetes S.A., 2008. [Consultado 30 de Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.ingetes.com/>

5.3. BUSQUEDA INTERNA

Primordialmente la función a realizar para este diseño, es el desarrollo de un algoritmo de control de forma programada, para facilitar la implementación y pruebas de nuevas estrategias de control del proceso sin perder tiempo en un nuevo cableado. Permitiendo aplicar correcciones, integración de las variables físicas de un nivel productivo con los niveles de inventarios, mantenimiento y administración en una planta, integración de la gestión y el control de múltiples procesos y máquinas en una planta, integración con los modelos tecnológicos de globalización de la economía a nivel mundial (Modelos OSI, estándares ISO, normas CE, etc.) y futuras ampliaciones. Todo esto es posible gracias a los conocimientos adquiridos sobre los autómatas programables, su función y posición en la pirámide de la automatización.

6. ARQUITECTURA DE PRODUCTOS

6.1. SELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

Para realizar la selección del tipo de arquitectura del sistema para la automatización del proceso de secado que se está diseñando se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones.

- Cambios debido a: actualizaciones de software, adiciones y adaptaciones.
- Variedad del producto: tipos de dispositivos que existen en el mercado los cuales no tienen la opción de informar y visualizar el estado de los elementos del proceso.
- Desempeño: trabajo continuo, la captación de las variables del proceso y la acción que ejerce dependiendo del estado de estas.
- Estandarización: Plc, HMI, tablero electrónico con normas IEC.
- Costo de manufactura: Medio.
- Sistema de ingeniería: Número de partes o componentes, Integración de componentes.

Teniendo en cuenta los requerimientos y especificaciones planteadas en la etapa anterior se ha resuelto implementar una arquitectura modular la cual presenta las siguientes ventajas.

- La interacción entre conjuntos está bien definida.
- Es simple.
- Reutilización.
- Permite la creación de una familia de productos.
- Cada modulo del sistema puede ser actualizado o cambiado con facilidad.

6.2. ESQUEMA DEL SISTEMA

La Arquitectura modular se refiere al diseño de sistemas compuestos por elementos separados que pueden conectarse preservando relaciones

proporcionales y dimensionales. La belleza de la arquitectura modular se basa en la posibilidad de reemplazar o agregar cualquier componente sin afectar al resto del sistema. Es aquí donde se encuentra el sistema que se está diseñando el cual presenta una modularidad intercambiable.

Figura 5. Diagrama de modularidad intercambiable

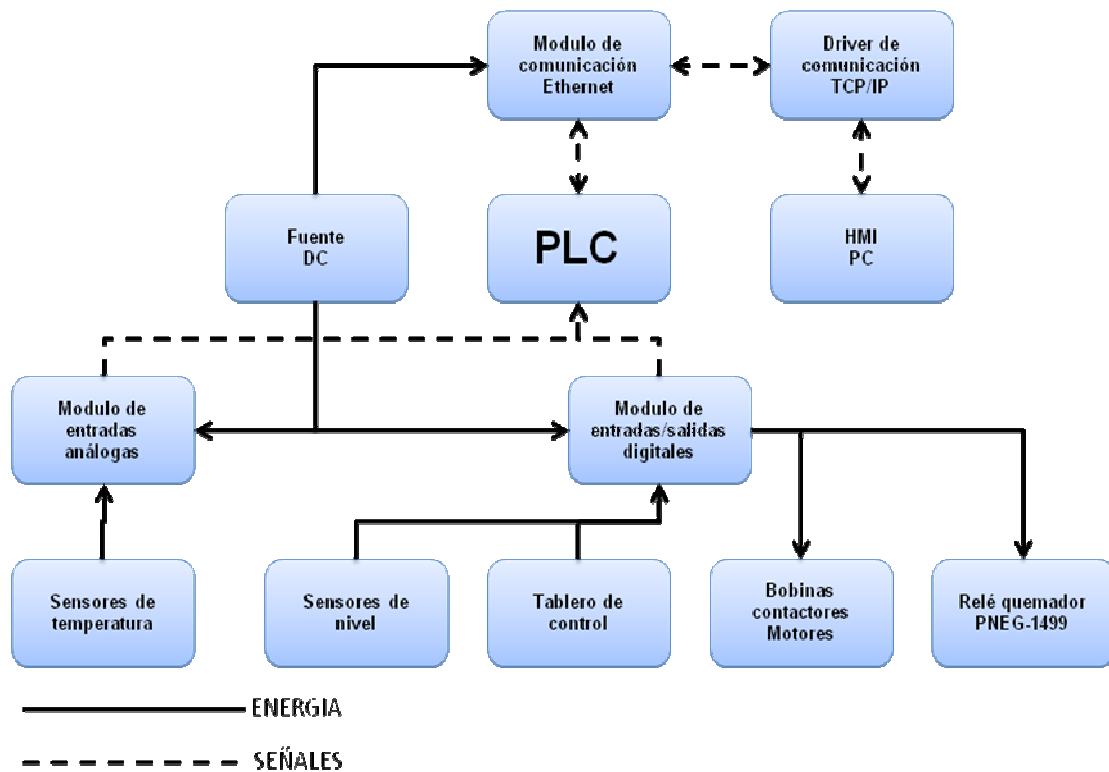
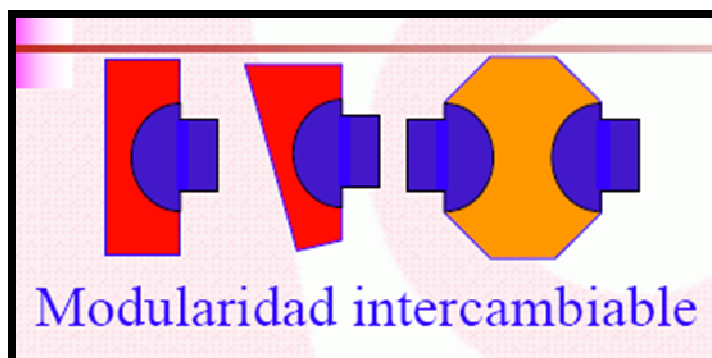


Figura 6. Esquemas de modularidad intercambiable



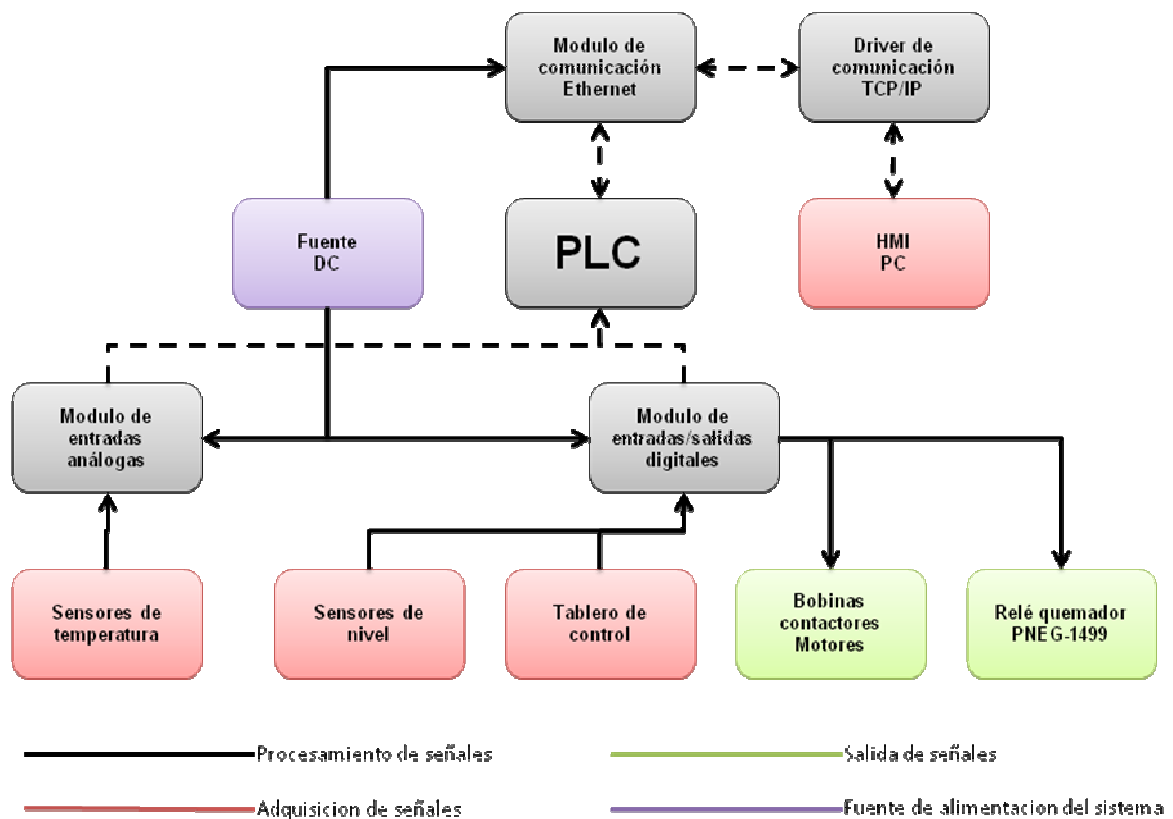
Fuente: Arquitectura de productos [en línea]. Cali, Colombia: Universidad Autonoma de Occidente, 2008. [Consultado 10 de Agosto de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.uao.edu.co/>

6.3. ESQUEMAS DE ELEMENTOS A CONJUNTOS

Para la realización del esquema de elementos a conjuntos se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones.

- Integración geométrica y precisión de las partes que conforman el sistema, por ejemplo se pretende capturar señales por medio de sensores los cuales envían una cantidad de voltaje a los módulos de entrada para ser procesada.
- Funciones Compartidas una de las cualidades de gran importancia dentro del sistema, debido al conocimiento de las funciones de cada uno de los elementos físicos, se logra identificar funciones compartidas en el tablero de control y el HMI entre otros.
- Similitudes en el diseño: Se tuvieron en cuenta las especificaciones de cada componente del equipo, formas, tamaño y posible distribución en el espacio.
- Tecnología de producción: selección de elementos de alta tecnología para el sistema, con empresas que están dedicadas al constante mejoramiento de estos, pues es indispensable brindarle al cliente la posibilidad de realizar actualizaciones del software cada vez que sea necesario, es decir que sea flexible.
- Localización de cambios: Por las características del diseño, es indispensable tener en cuenta las posibles modificaciones que se pueden realizar dentro del proceso de secado, que pueden hacer referencia hacia la adición de módulos de entradas y salidas, HMI y sensores.
- Posibilidad de estandarización: integración con los modelos tecnológicos de globalización de la economía a nivel mundial (Modelos OSI, estándares ISO, normas CE, etc.)
- Portabilidad de las interfaces: Realmente es indispensable tener en cuenta esta consideración, pues el sistema que está en desarrollo debe ser complementado con interfaces con el usuario con la cual se desea informar acerca del estado del proceso y de los elementos que lo conforman.

Figura 7. Esquemas de elementos a conjuntos



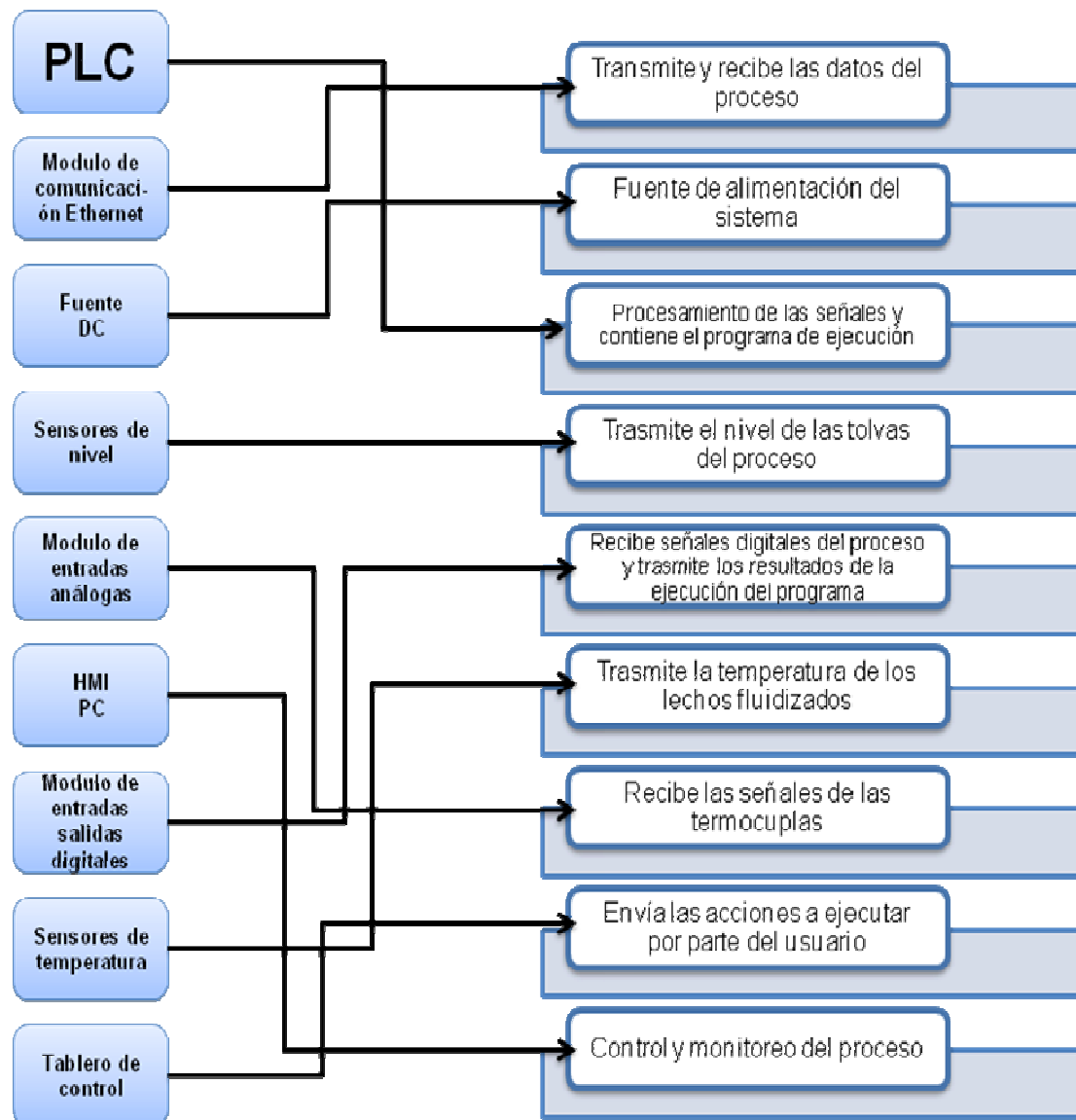
6.4. TIPO DE MODULARIDAD

La modularidad del dispositivo es la arquitectura modular slot (intercambiable), pues permite determinar las conexiones de los diferentes módulos de manera intercambiable y sin generar errores debido a que la distribución geométrica es diferente para cada uno.

Figura 8. Esquemas de conexiones

Elementos físicos

Elementos funcionales



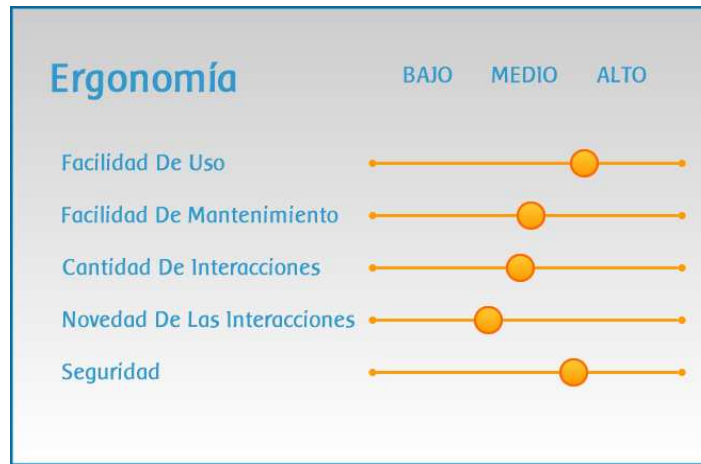
7. DISEÑO INDUSTRIAL

- Realizar una valoración de las necesidades ergonómicas y estéticas teniendo en cuenta los elementos estudiados y aplicados a las especificaciones de cada proyecto en particular. Justificar su valoración refiriendo a las características específicas del producto que desarrolla.
- Analizar la predominancia de los aspectos tecnológicos o de los aspectos de los usuarios. Justificar su clasificación refiriendo a las características específicas del producto que desarrolla.
- Incluir bocetos o modelos necesarios para mostrar el diseño industrial propuesto y sobre los cuales hizo el análisis.

7.1. NECESIDADES ERGONÓMICAS

- El sistema de automatización debe ser de fácil conexionado, manejo y de fácil encendido.
- La el sistema de automatización debe ser de fácil ensamblaje, que permita un acceso simple al interior del diseño para su posterior mantenimiento.
- El sistema de automatización posee un modo interno de prueba, que permite comprobar el buen funcionamiento del sistema.

Figura 9. Evaluación de las necesidades ergonómicas



7.2. NECESIDADES ESTÉTICAS

- El sistema de automatización debe ser orgullo de posesión al propietario, mas la apariencia física del sistema debe estar sometida a los parámetros de los estándares hacia los que se realizo el diseño.
- El sistema de automatización debe ser reconocido por su diseño de interfaces.

Figura 10. Evaluación de las necesidades estéticas



7.3. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL DISEÑO INDUSTRIAL

7.3.1. Calidad de interfaces de usuario. El uso del sistema de automatización será especificado en el manual de operaciones que se entrega al usuario.

Las diferentes interfaces deben ser de alta calidad debido a que brindan características específicas y muy importantes sobre el proceso de secado, la visualización se realiza en el respectivo PC, sea del operador de campo o del jefe producción.

7.3.2. Requerimientos emocionales. Este sistema no posee una estética visual fuera de lo normal. El sistema inspira orgullo de posesión, ya que es personalizado para esta planta, para este proceso específico y posee elementos de gran tecnología.

El sistema terminado inspira orgullo dentro del grupo de desarrollo debido a ser una meta alcanzada.

7.3.3. Facilidades de mantenimiento y reparación. El mantenimiento de carácter electrónico es sencillo, pero se debe aclarar que requiere un nivel necesario de conocimiento para poder realizarlo y remitirse al manual de usuario, para verificar el correcto funcionamiento.

El mantenimiento de carácter mecánico no requiere demasiado tiempo debido a que hay pocas piezas mecánicas, la mayoría es parte electrónica, el mantenimiento se reduce a cambiar o reemplazar los módulos dañados dentro del sistema y a la limpieza eventual debido a la exigencia del ambiente de trabajo del sistema.

7.3.4. Uso apropiado de recursos. Los módulos utilizados están en un punto intermedio dentro de la gama de materiales de óptimas características para la elaboración del sistema.

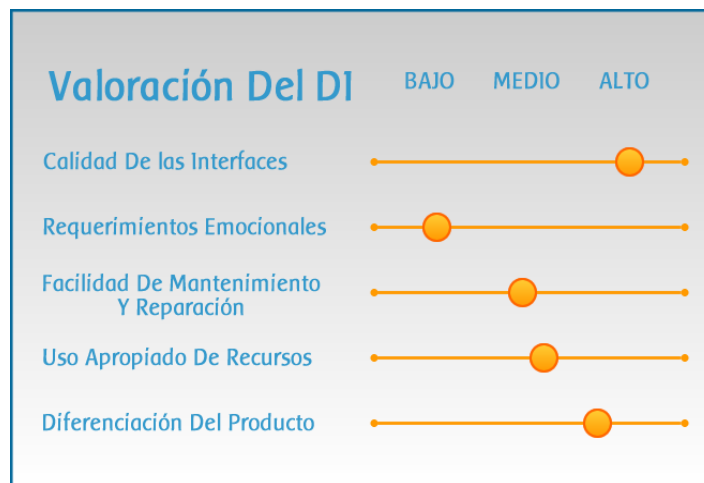
El sistema diseñado cumple con los requerimiento exigidos por el cliente, así que, se está asegurando la satisfacción del mismo, los aspectos ambientales han sido considerados, de alguna manera se espera cumplir con las normas ambientales para este tipo de productos.

7.3.5. Diferenciación del producto. El sistema puede ser distinguido debido a que es un sistema innovador, que posee nueva tecnología. La introducción y su

aplicación en todas las empresas dedicadas a la molinería, tiene que ver con la calidad y la satisfacción que se alcance con el primer desarrollo.

Es claro que el sistema obedece a unas especificaciones que son imprescindibles. Más allá de la comodidad para el manejo del sistema y de la buena apariencia del mismo es más importante el excelente rendimiento y calidad. Es por esta razón que nuestro sistema está dominado por la tecnología.

Figura 11. Evaluación del diseño industrial



8. DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE

8.1. DISEÑO DEL SOFTWARE

Para realizar el diseño del software para la automatización del proceso de secado primero se realizó el análisis de la planta y la identificación de las fallas existentes dentro del proceso se optó por dividir el proceso en 3 etapas (Prelimpieza, Limpieza y Presecado).

8.1.1. Análisis de la etapa 1 prelimpieza. La etapa número 1 o de prelimpieza está conformada por:

- 2 elevadores.
- 2 bandas transportadoras.
- 2 prelimpiadoras o SCALPER.

La banda 1 recibe la materia prima del silo pulmón, silo en el cual es almacenado el arroz que proviene del campo, y alimenta el elevador 1 este a su vez alimenta a la banda 2 que es la encargada de alimentar a los SCALPER'S o prelimpiadoras las cuales entregan la materia prima restante al elevador 2 encargado de abastecer la tolva de alimentación de la etapa 2. Este proceso de prelimpieza lo podemos observar en la figura 8.

Figura 12. Etapa 1 prelimpieza

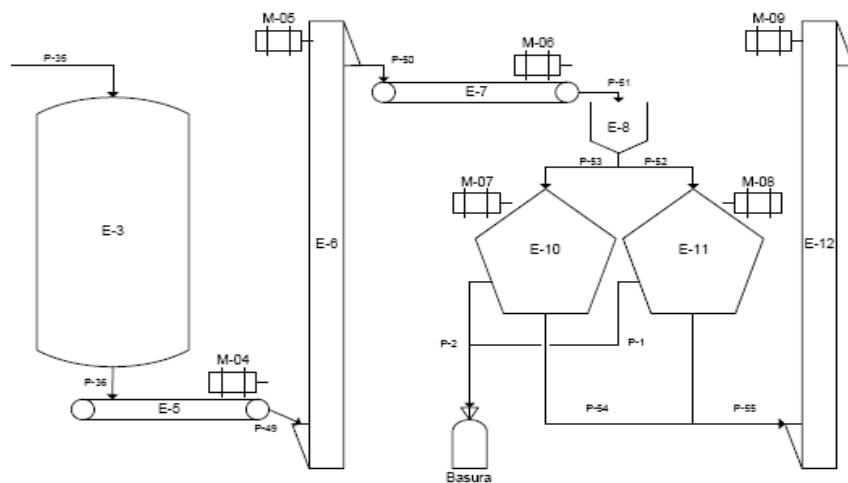


Tabla 8. Relación del texto mostrado en el grafico

<i>Texto mostrado</i>	<i>Ubicación</i>
E3	Silo pulmón
E5	Banda descarga silo pulmón
E6	Elevador 1
E7	Banda a los scalper
E8	Tolva de paso
E10	Scalper 1
E11	Scalper 2
E12	Elevador 2
M4	Motor Banda descarga silo pulmón
M5	Motor Elevador 1
M6	Motor Banda a los scalper
M7	Motor Scalper 1
M8	Motor Scalper 2
M9	Motor Elevador 2

De acuerdo al estudio del proceso y requerimientos de los operarios y jefe de planta se realizo la siguiente tabla para las diferentes condiciones de trabajo para la Etapa 1.

Tabla 9. Condiciones de trabajo etapa 1

Etapa 1	Banda 1	Elevador1	Banda 2	Scalper 1	Scalper 2	Elevador 2
ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
OFF	FALLA	ON	ON	ON	ON	ON
OFF	ON	FALLA	ON	ON	ON	ON
OFF	ON	ON	FALLA	ON	ON	ON
OFF	ON	ON	ON	FALLA	ON	ON
OFF	ON	ON	ON	ON	FALLA	ON
OFF	ON	ON	ON	ON	ON	FALLA

- **Etapa 1 ON.** Si todos los elementos que conforman la etapa 1 presentan un funcionamiento adecuado, entonces **etapa 1 on** (etapa 1 funcionando).
- **Etapa 1 OFF.** Si cualquier elementos que conforma la etapa 1 presentan mal funcionamiento, entonces **etapa 1 off** (etapa 1 suspendida).

Si el sensor de nivel máximo de la tolva de alimentación MTRB1 y MTRB2 se activa, entonces **banda 1 off**.

8.1.2. Análisis de la etapa 2 Limpieza. La etapa numero 2 o de limpieza está conformada por:

- 1 elevador.
- 2 MTRB o separadoras.
- 1 Unidad soplante.
- 1 Ventilador.
- 1 Exclusa

Las MTRB1 y MTRB2 reciben de la tolva de alimentación la materia prima proveniente de la Etapa 1 las cuales interactúan con el ciclón 1 el cual cumple la función de extraer las impurezas, finalmente la materia prima pasa al elevador 3 que es el encargado de abastecer la tolva de alimentación de la etapa 3. Este proceso de limpieza lo podemos observar en figura 9.

Figura 13. Etapa 2 limpieza

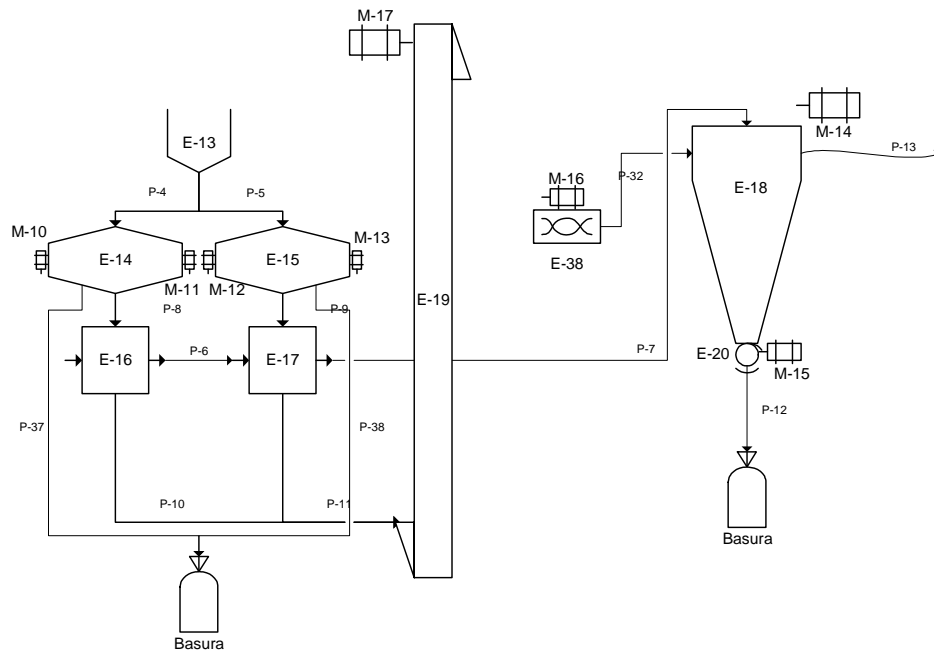


Tabla 10. Relación del texto mostrado en el grafico

Texto mostrado	Ubicación
E13	Tolva alimentación MTRB1 y MTRB2
E14	MTRB1
E15	MTRB2
E16	Tarara
E17	Tarara
E18	Ciclón MTRB1 y MTRB2
E19	Elevador 3
E20	Exclusa 1
M10	Motor 1 MTRB1
M11	Motor 2 MTRB1
M12	Motor 1 MTRB2
M13	Motor 2 MTRB2
M14	Motor Ventilador Bühler
M15	Motor Exclusa 1
M16	Motor Unidad soplante
M17	Motor Elevador 3

De acuerdo al estudio del proceso y requerimientos de los operarios y jefe de planta se realizo la siguiente tabla para las diferentes condiciones de trabajo para la Etapa 2.

Tabla 11. Condiciones de trabajo etapa 2

Etapa 2	MTRB 1	MTRB 2	Ventilador	U. soplante	Exclusa 1	Elevador 3
ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ON	FALLA	ON	ON	ON	ON	ON
ON	ON	FALLA	ON	ON	ON	ON
OFF	ON	ON	FALLA	ON	ON	ON
OFF	FALLA	FALLA	ON	ON	ON	ON
OFF	ON	ON	ON	FALLA	ON	ON
OFF	ON	ON	ON	ON	FALLA	ON
OFF	ON	ON	ON	ON	ON	FALLA

- **Etapa 2 ON.** Si todos los elementos que conforman la etapa 2 presentan un funcionamiento adecuado, entonces **etapa 2 on** (etapa 2 funcionando).

Si MTRB1 presenta alguna falla y todos los demás elementos que conforman la etapa 2 presentan un funcionamiento adecuado, entonces **etapa 2 on** (etapa 2 funcionando).

Si MTRB2 presenta alguna falla y todos los demás elementos que conforman la etapa 2 presentan un funcionamiento adecuado, entonces **etapa 2 on** (etapa 2 funcionando).

- **Etapa 2 off.** si el elevador 3 presenta un mal funcionamiento entonces **etapa 2 off** (etapa 2 suspendida).

Si el ventilador presenta un mal funcionamiento entonces **etapa 2 off** (etapa 2 suspendida).

Si la unidad soplante presenta un mal funcionamiento entonces **etapa 2 off** (etapa 2 suspendida).

Si la exclusiva 1 presenta un mal funcionamiento entonces **etapa 2 off** (etapa 2 suspendida).

Si el sensor de nivel mínimo de la tolva de alimentación MTRB1 y MTRB2 se activa, entonces **etapa 2 off** (etapa 2 suspendida).

8.1.3. Análisis de la etapa 3 Presecado La etapa numero 3 o de presecado está conformada por:

- 1 elevador.
- 2 Ventiladores.
- 2 Variadores.
- 2 unidades de succión.
- 2 Exclusas.
- 2 Bandas transportadoras.

Figura 14. Etapa 3 Presecado

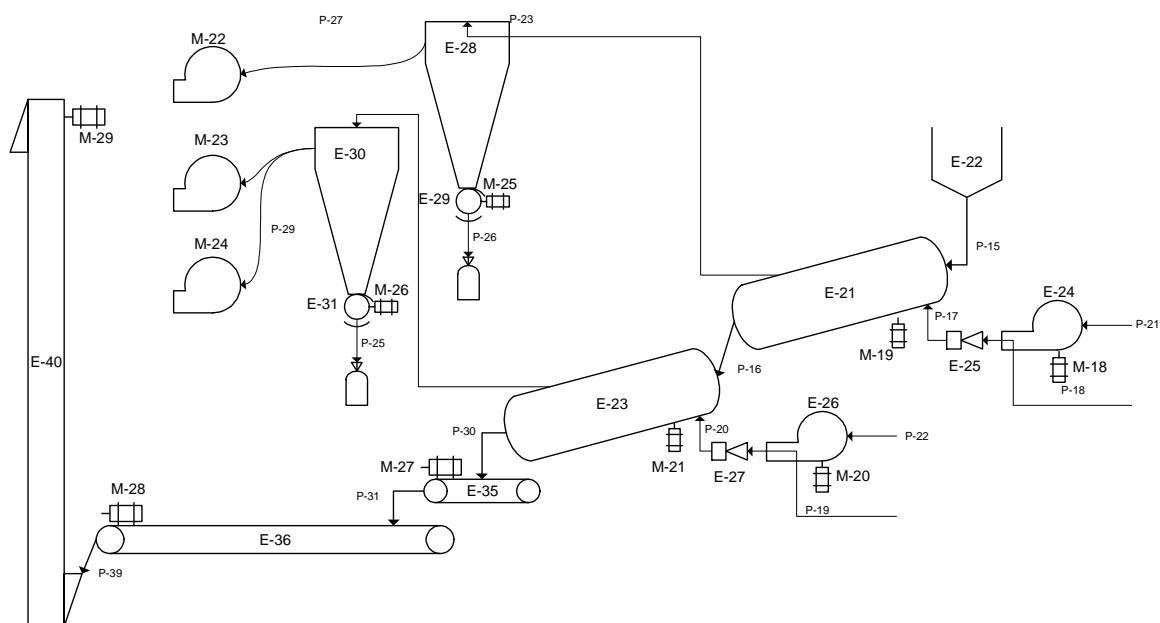


Tabla 12. Relación del texto mostrado en el grafico

Texto mostrado	Ubicación
E21	Lecho 1
E22	Tolva alimentación lecho 1
E23	Lecho 2
E24	Ventilador lecho 1
E25	Quemador Lecho 1
E26	Ventilador Lecho 2
E27	Quemador lecho 2
E28	Ciclón lecho 1
E29	Exclusa 2
E30	Ciclón lecho 2
E31	Exclusa 3
E35	Banda descarga del lecho
E36	Banda al elevador 4
E40	Elevador 4
M18	Motor ventilador lecho 1
M19	Motor variador lecho 1

Continuación Tabla 12

Texto mostrado	Ubicación
M20	Motor ventilador lecho 2
M21	Motor variador lecho 2
M22	Motor Succión lecho 1
M23	Motor1 Succión1 lecho 2
M24	Motor2 Succión2 lecho 2
M25	Motor Exclusa 2
M26	Motor Exclusa 3
M27	Motor Banda descarga del lecho
M28	Motor Banda al elevador 4
M29	Motor Elevador 4

De acuerdo al estudio del proceso y requerimientos de los operarios y jefe de planta se realizó la siguiente tabla para las diferentes condiciones de trabajo para la Etapa 3.

Tabla 13. Condiciones de trabajo etapa 3

ETAPA 3	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
ventilador lecho 1	ON	Falla	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
variador lecho 1	ON	ON	Falla	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
ventilador lecho 2	ON	ON	ON	Falla	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
variador lecho 2	ON	ON	ON	ON	Falla	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Succión lecho 1	ON	ON	ON	ON	ON	Falla	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Succión1 lecho2	ON	ON	ON	ON	ON	ON	Falla	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Succión2 lecho 2	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	Falla	ON	ON	ON	ON	ON
Exclusa 2	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	Falla	ON	ON	ON	ON
Exclusa 3	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	Falla	ON	ON	ON
Banda descarga del lecho	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	Falla	ON	ON
Banda al elevador4	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	Falla	ON
Elevador 4	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	Falla

- **Etapa 3 on.** Si todos los elementos que conforman la etapa 3 presentan un funcionamiento adecuado, entonces **etapa 3 on** (etapa 3 funcionando).
- **Etapa 3 OFF.** Si cualquier elementos que conforma la etapa 3 presentan mal funcionamiento, entonces **etapa 3 off** (etapa 3 suspendida).

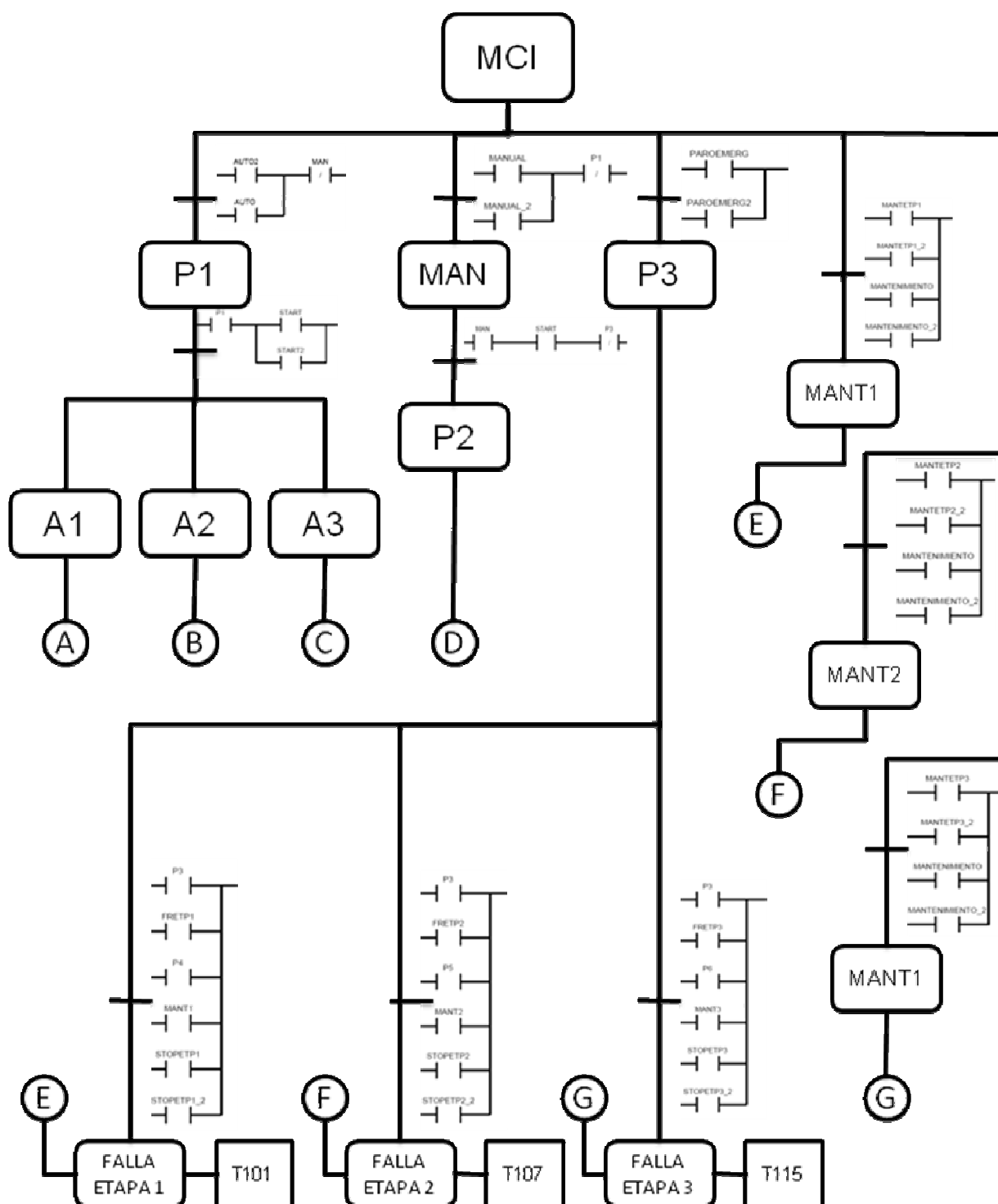
Si el sensor de nivel mínimo de la tolva de alimentación del Lecho 1 se activa, entonces **etapa 3 off** (etapa 3 suspendida).

8.1.4. Software para PLC. Posteriormente al análisis del proceso se procede a realizar un programa para el autómatas con las siguientes especificaciones.

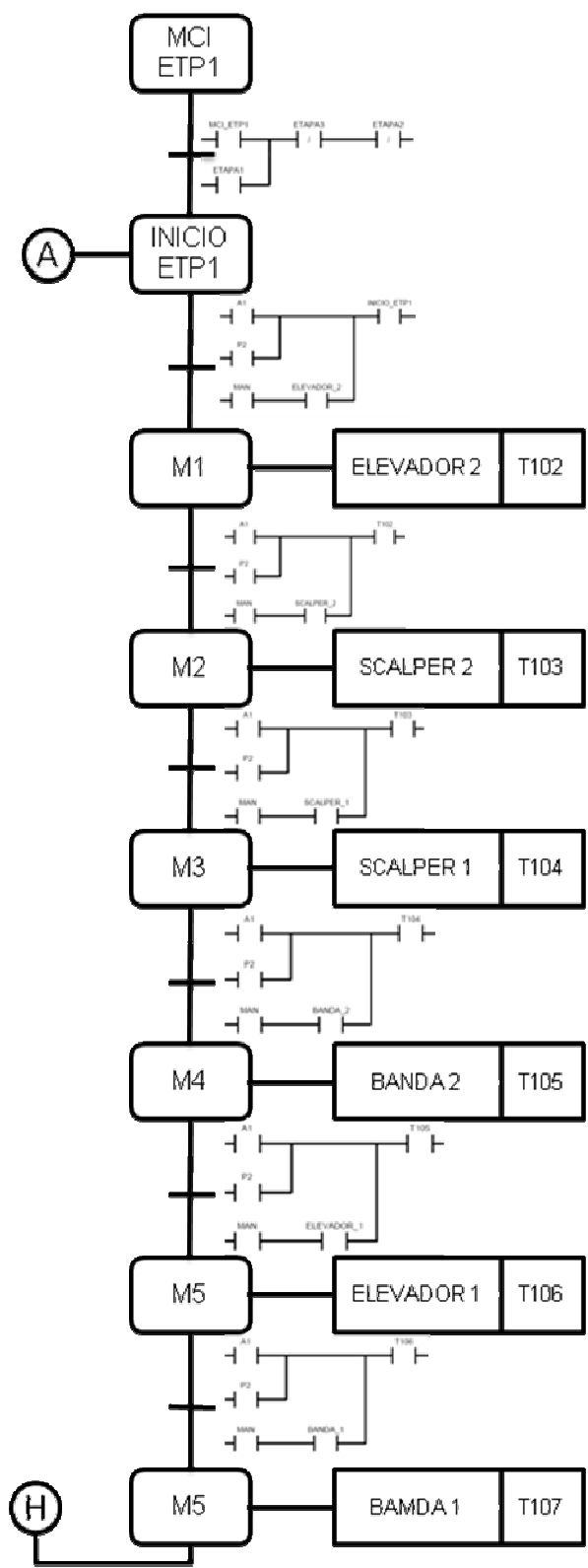
- Se debe tener modos funcionales de automático, manual, mantenimiento, paro de emergencia y restauración del sistema.
- En caso de ocurrir una falla dentro de un elemento del proceso, esta falla causara la suspensión de la etapa a la que este elemento pertenezca.
- Los sensores de nivel de las tolvas determinan el funcionamiento de las diferentes etapas del proceso dependiendo de la ubicación de estos.
- Cada etapa del proceso se podrá poner en marcha o detener de manera independiente, así como también se podrá colocar en modo mantenimiento en caso de ser necesario.
- En caso de ocurrir una falla en el circuito eléctrico de alimentación del proceso de secado, al momento de solucionarse el inconveniente, el proceso debe volver a sus condiciones iniciales.
- El programa procesara los valores ingresados al PLC por medio de los módulos de entradas análogas para el control de la temperatura de los lechos fluidizados.
- El programa debe permitir controlar el proceso desde la interfaz grafica.

Para la elaboración del algoritmo que cumpliera con los requisitos necesarios para el buen funcionamiento del proceso, se opto por dividir el programa en 2 fases, la primera fase se encargara del control de los elementos del proceso y la segunda se encargara del control de la temperatura del lecho fluidizado.

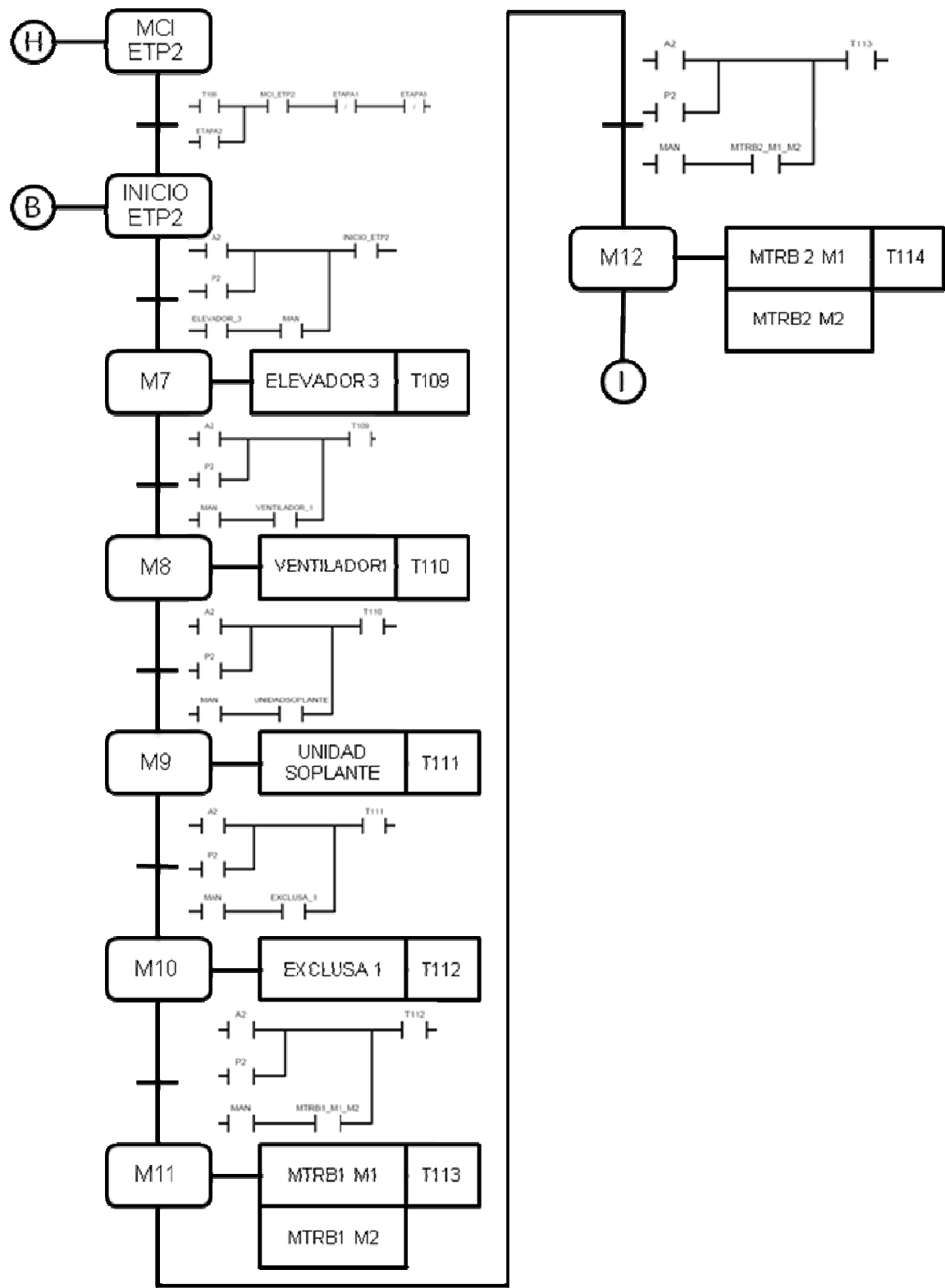
Figura 15. Grafcet control elementos del proceso



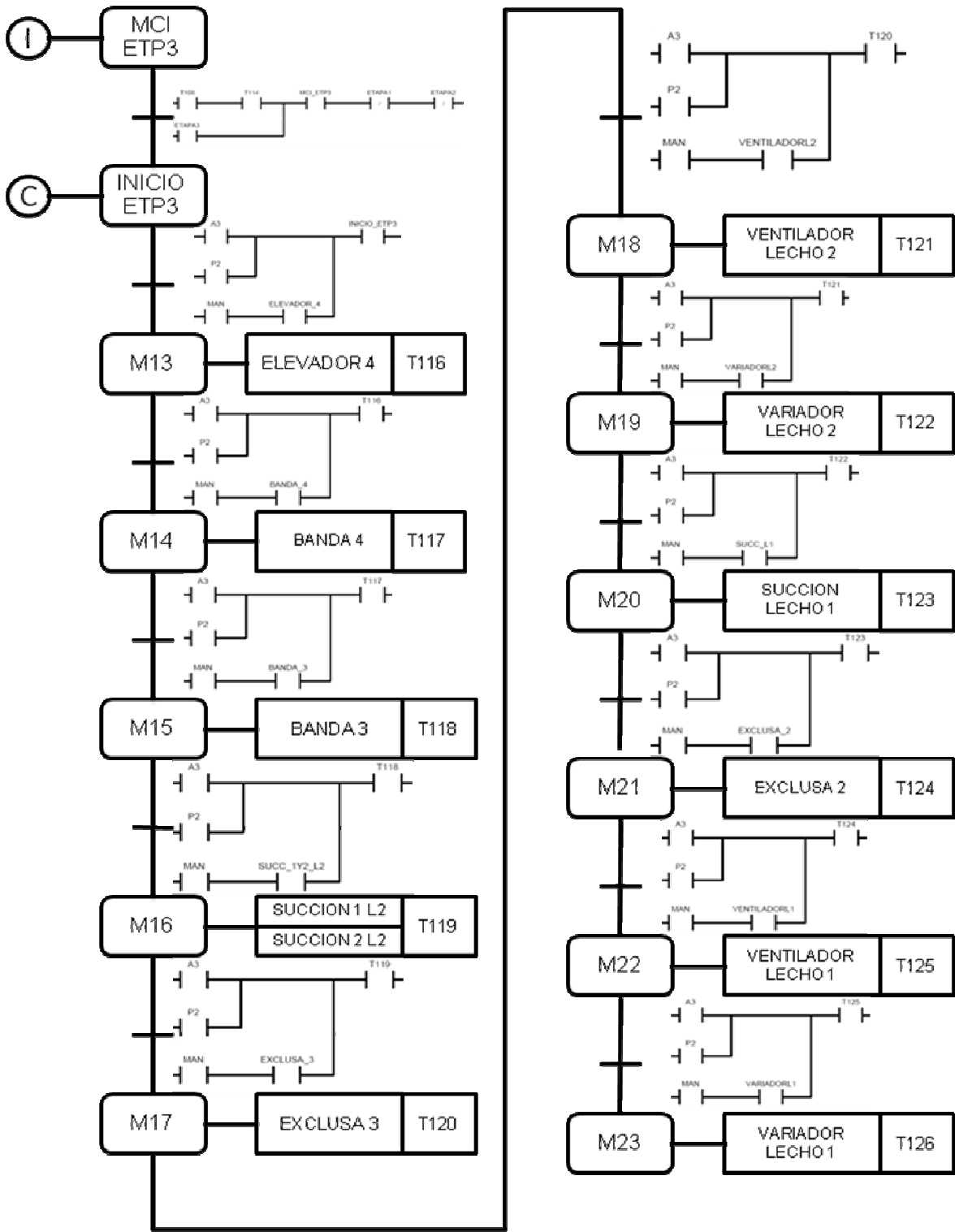
Continuación figura 15.



Continuación figura 15.



Continuación figura 15.



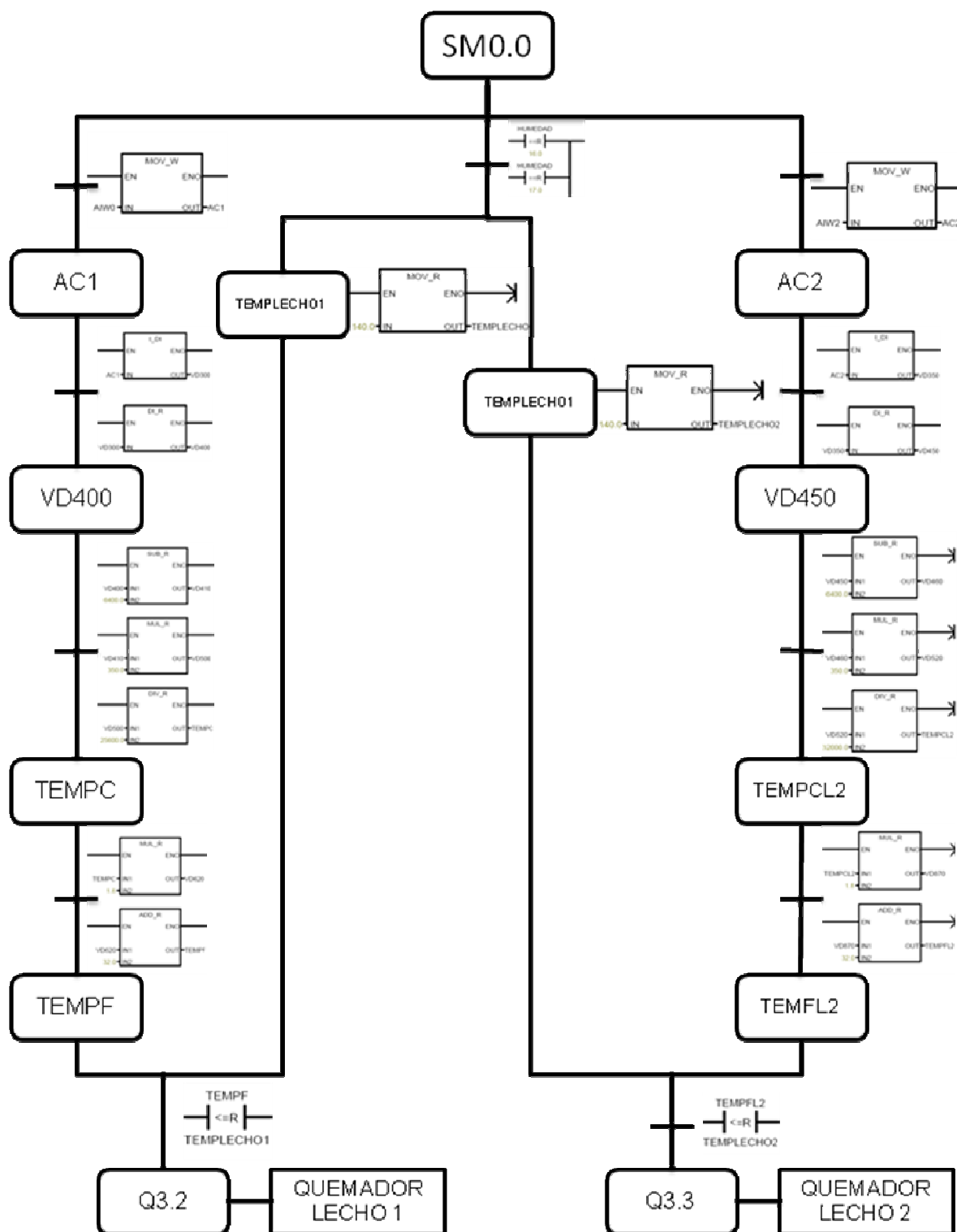
La programación del PLC para el control de temperatura se realizó teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Los sensores de temperatura tienen un rango de trabajo de 0 – 350 °C y la señal de salida es de 4 – 20 mA.
- El módulo de entradas analógicas que debe estar configurado en el rango de entrada analógica 0 – 20 mA, este suministra a la CPU del autómatas el valor de la temperatura en un valor entero de 0 – 32000.
- La temperatura ideal para cada lecho depende de la humedad del grano al entrar al proceso de secado, esta humedad es introducida por el operario de campo por medio de la interfaz, esta humedad apunta hacia las temperaturas que debe mantener cada lecho durante el proceso como lo podemos observar en la tabla.

Tabla 14. Temperatura de los lechos según el % de humedad

HUMEDAD DE PADDY DE ENTRADA (%)	°F AIRE DEL LECHO 1	°F AIRE DEL LECHO 2
16	140	140
17	140	140
18	160	140
19	180	160
20	200	200
21	200	200
22	220	220
23	220	220
24	220	220
25	220	220
26	220	220
27	220	220
28	220	220
29	220	220
30	220	220
31	220	220
32	220	220

Figura 16. Diagrama control de temperatura

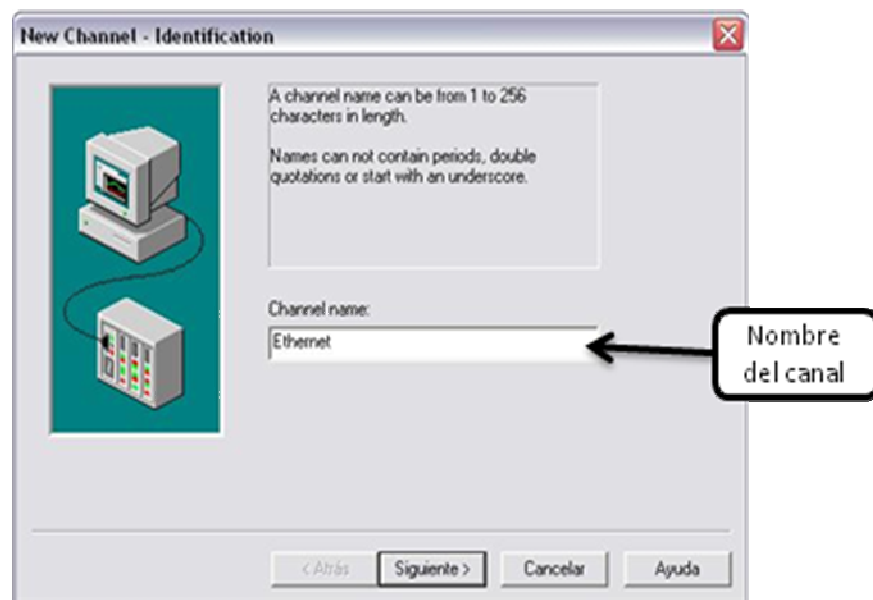


8.1.5. Configuración driver para la comunicación HMI – PLC. La comunicación entre el hardware y el hmi se realiza por medio de ole para el control de procesos (opc), el cual corresponde a un conjunto de especificaciones basadas en los estándares de microsoft (com, dcom, ole automation y activex) que cubren los requerimientos de comunicación industrial entre aplicaciones y dispositivos, especialmente en lo que se refiere a la atención al tiempo real.

El software a utilizar para realizar este enlace es top server el cual es una aplicación de herramientas opc y conectividad dispositivos – hmi. la configuración de este software para el sistema de automatización se realizó de la siguiente manera:

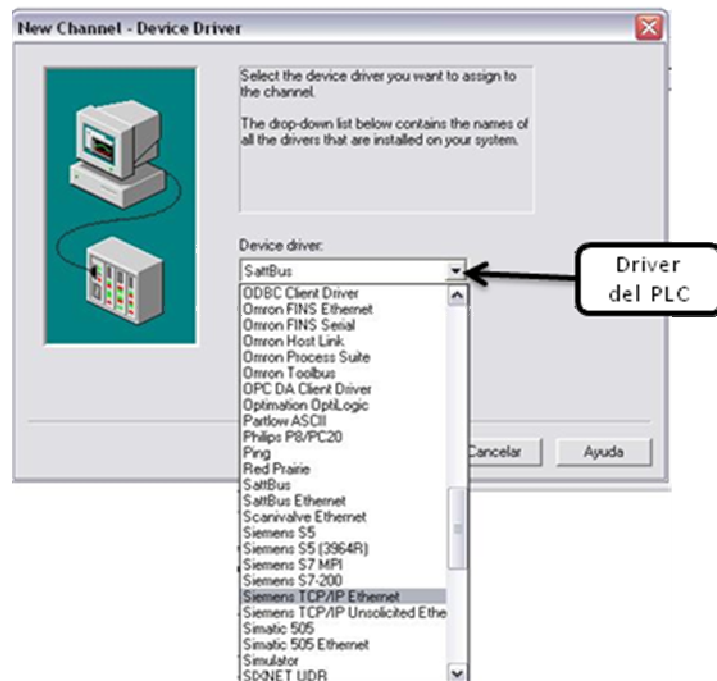
- Se ingresa a la aplicación top server, se agrega un nuevo canal dentro de la aplicación y se le asigna un nombre.

Figura 17. Identificación del canal



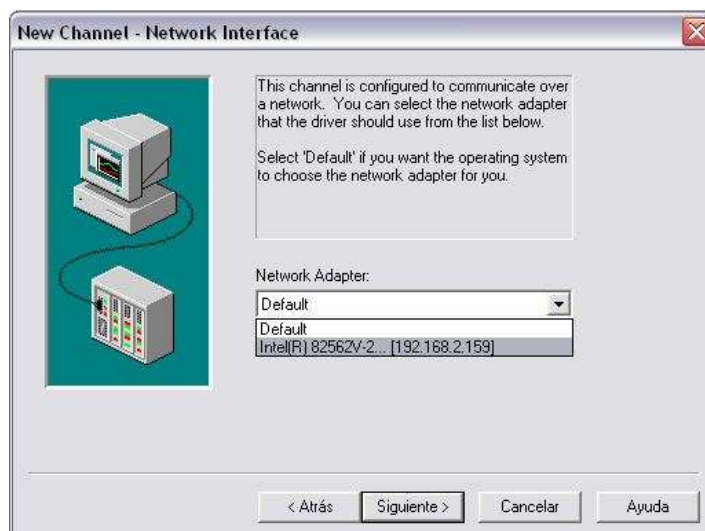
- Se selecciona el driver del PLC a utilizar en el canal de una lista en la que se encuentra los drivers instalados dentro del sistema, para este caso se selecciono el driver Siemens TCP/IP Ethernet.

Figura 18. Selección driver del PLC



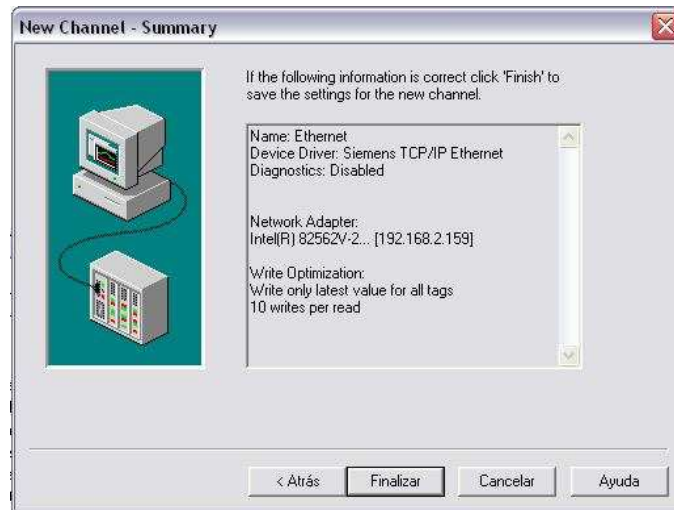
- La configuración del canal se ha realizado para utilizar comunicación Ethernet, por lo tanto se debe seleccionar el adaptador de red del PC.

Figura 19. Selección adaptador de red del PC



- Antes de finalizar la configuración del canal top server presenta un resumen de la configuración, el cual se debe tener en cuenta para evitar fallas por configuración deficiente.

Figura 20. Resumen configuración del canal



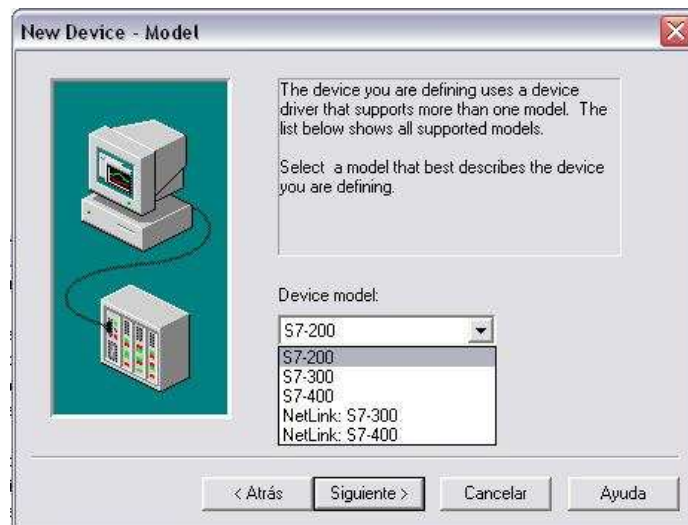
- Luego de la configuración del canal se procede a la configuración del dispositivo que va a utilizar el canal que se configuro.

Figura 21. Adición del dispositivo



- Se debe especificar el modelo del PLC a utilizar puesto que varios modelos pueden utilizar el driver seleccionado en la configuración del canal.

Figura 22. Selección del modelo de PLC a utilizar



- Posteriormente a la identificación del modelo del PLC se procede asignarle una IP dentro de nuestra red local, la cual solo sea utilizada por el dispositivo en orden de poder garantizar una buena comunicación con el PLC.

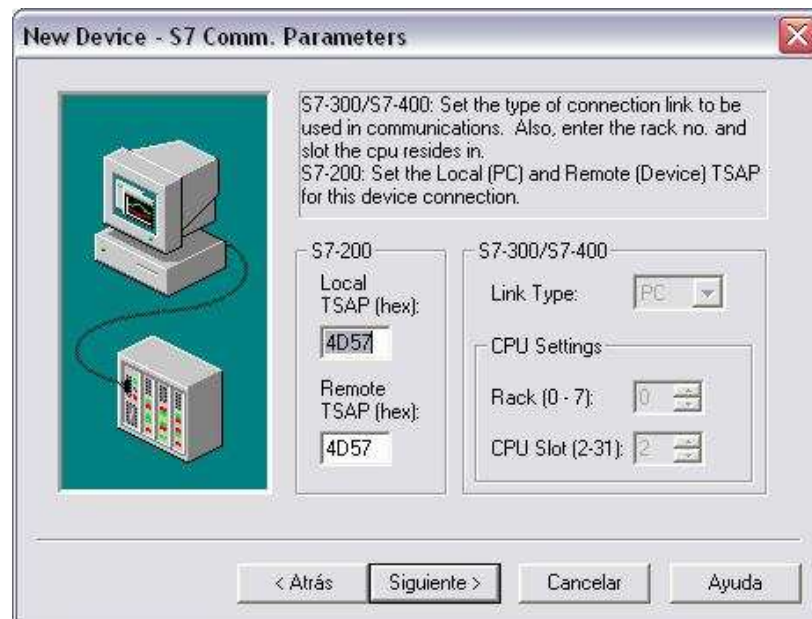
Figura 23. Asignación de IP al PLC



- Para establecer la conexión con el proceso se debe configurar el TSAP (Transport Service Acces Point) al cual se le debe asignar el mismo valor que se le asigno al modulo de Ethernet durante su configuración, se debe tener en cuenta

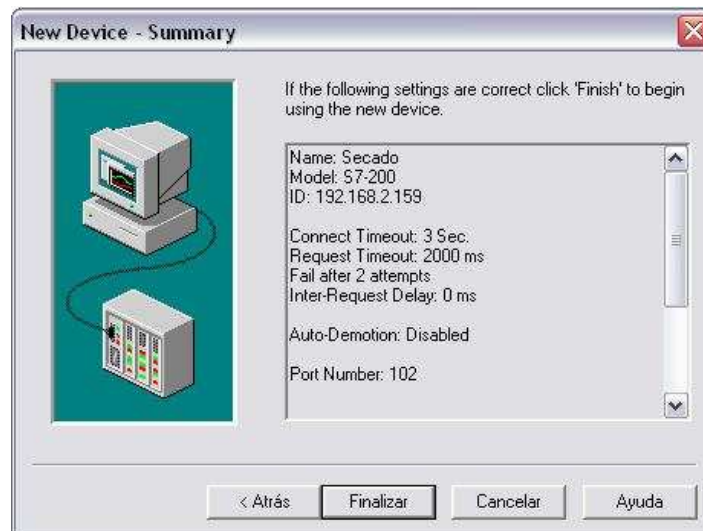
que el valor a ingresar en el cuadro de TSAP local debe ser el del PC y TSAP remoto debe ser el del PLC.

Figura 24. Configuración TSAP local y remoto



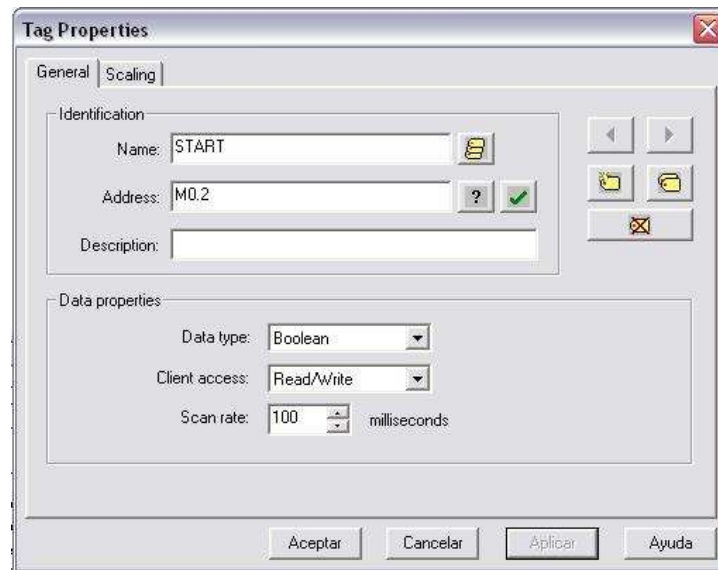
- Antes de finalizar la configuración del dispositivo top server presenta un resumen de la configuración, el cual se debe tener en cuenta para evitar fallas por configuración deficiente.

Figura 25. Resumen configuración del dispositivo



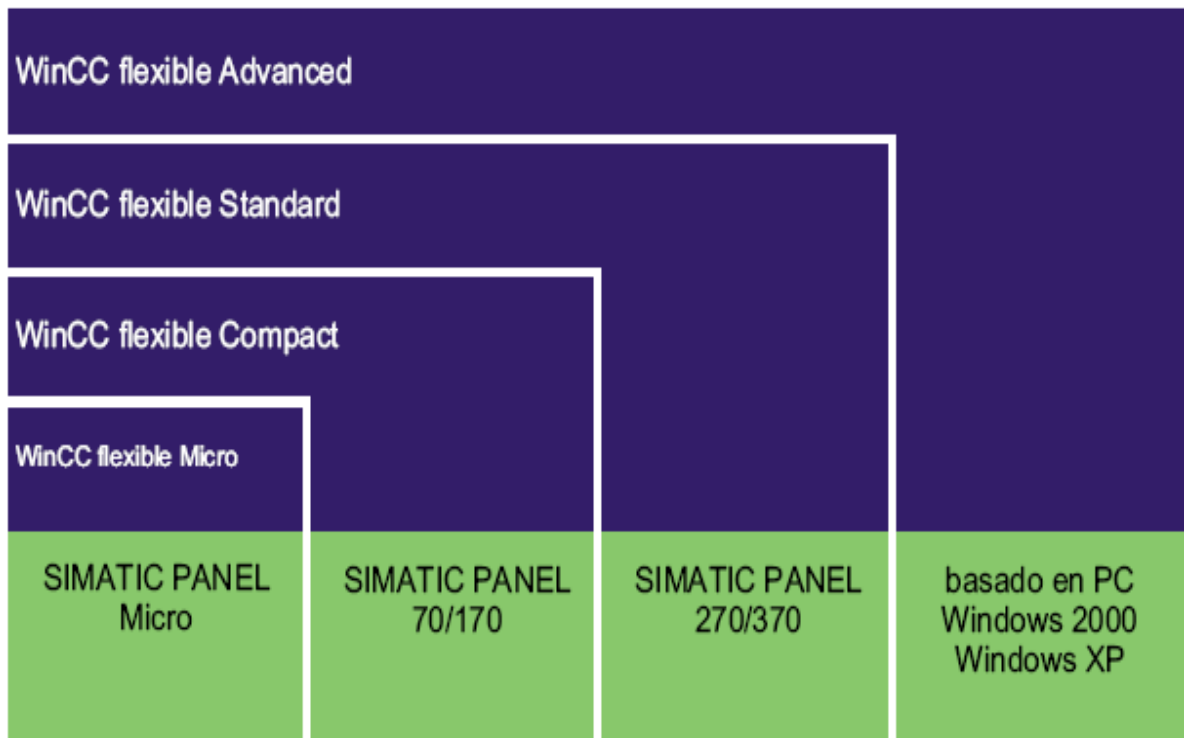
- Por último se configuran las variables dentro del dispositivo, las cuales son las que van a enviar y recibir los datos del dispositivo hacia el HMI y viceversa, para la declaración de estas variables se debe tener en cuenta aspectos de la programación que se realizó para el PLC como son la dirección asignada y el tipo de datos.

Figura 26. Configuración de las variables



8.1.6. Desarrollo de la interfaz hombre máquina (HMI). La interfaz hombre máquina para el sistema de automatización, la podemos considerar como una ventana al proceso, donde se puede realizar control y monitoreo y donde las señales del proceso son conducidas. Esta interfaz ha sido desarrollada en WinCC flexible el cual el sistema de ingeniería para todas las tareas de configuración. WinCC flexible presenta una estructura modular. Cuanto mayor es la edición tantos más equipos de destino y funciones se soportan.

Figura 27. Estructura modular WinCC

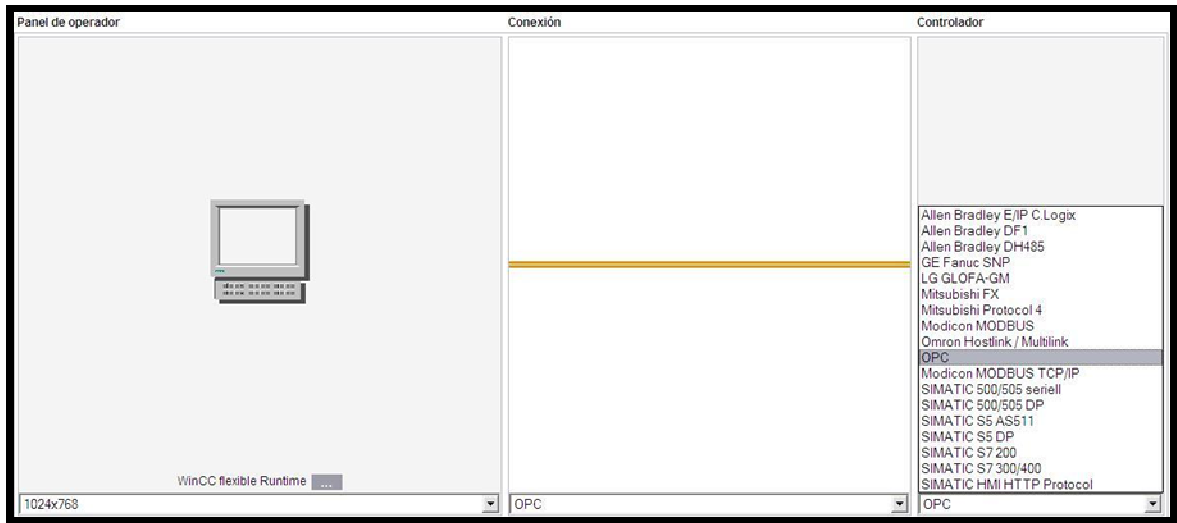


Fuente: Soporte para la automatización de procesos [en línea]. Alemania: siemens internacional 2008. [Consultado 14 de Agosto de 2008]. Disponible en Internet: <http://support.automation.siemens.com>

El modulo utilizado para el desarrollo de la interfaz es el de WinCC flexible Advanced, el cual permite la configuración de sistemas basados en PC. Para la realizar la interfaz se siguieron los siguientes pasos:

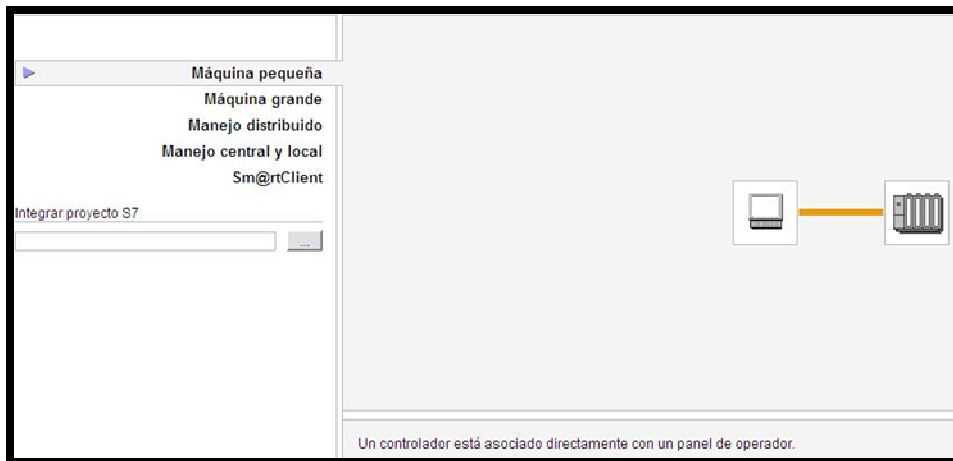
- Por medio del asistente para la creación de un nuevo proyecto se selecciona el tipo de proyecto a desarrollar, para este sistema se opto por seleccionar un proyecto de tipo maquina pequeña.

Figura 28. Panel de selección tipo de proyecto



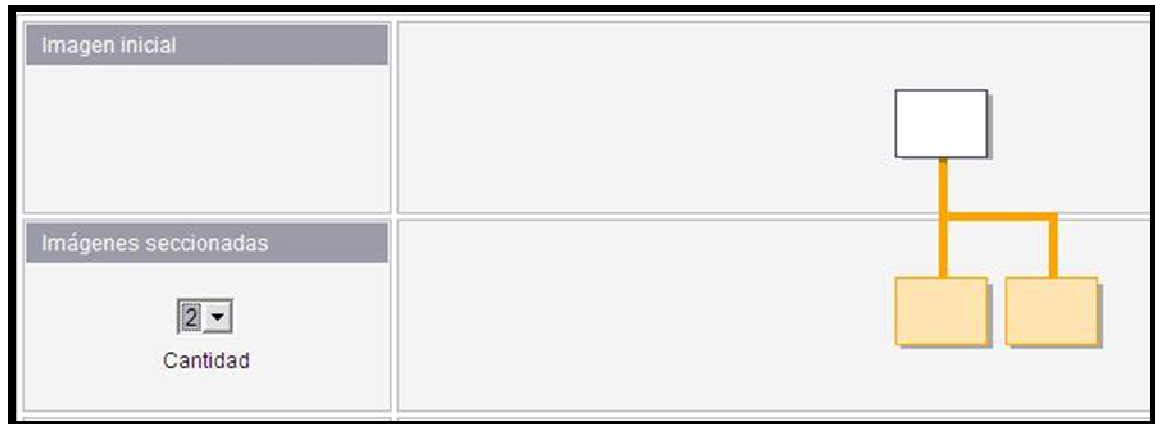
- El siguiente paso es la configuración de la resolución del panel de operador que para este diseño es de 1024 * 768 y la selección de la conexión entre el panel del operador y el controlador, que para este caso es por medio de OPC.

Figura 29. Configuración panel del operador y conexión



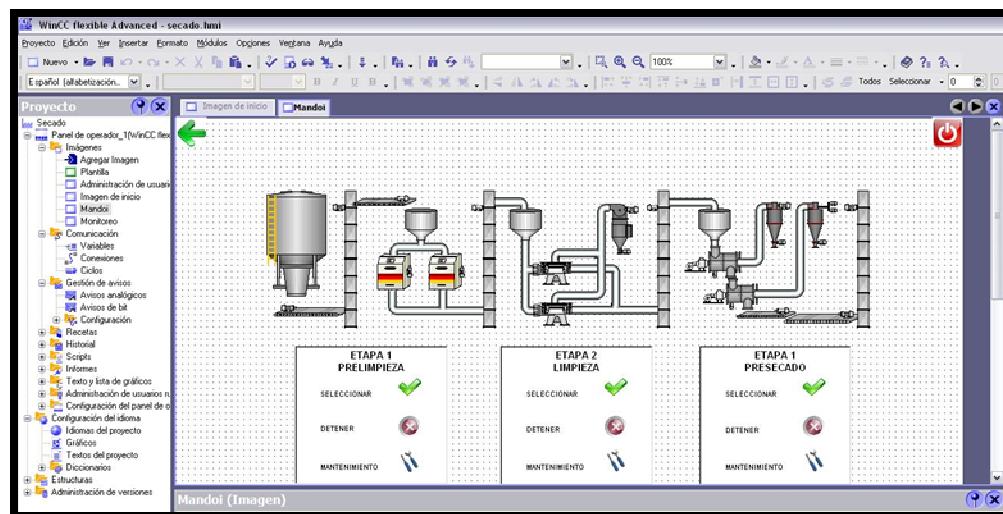
- Se configura la navegación para las imágenes, se seleccionan la cantidad de imágenes seccionadas, para este caso son 2, una imagen para el operario y la otra para el supervisor.

Figura 30. Configuración navegación de imágenes



- Al terminar la configuración del proyecto con el asistente, ingresamos a la estación de trabajo, en la cual se desarrolla todos los aspectos de la interfaz hombre maquina como son los diferentes usuarios con sus respectivas restricciones, las imágenes que representas los diferentes elementos del proceso, los botones de mando con sus respectivas funciones y lo más importante declarar las variables del proceso y enlazarlas por medio del servidor OPC.

Figura 31. Estación de trabajo WinCC flexible



- Para este proyecto se desarrollo un HMI que consta de una imagen inicial, en la cual el usuario selecciona la interfaz que desea observar, la interfaz de monitoreo es de libre acceso, pero la interfaz de mando y monitoreo el acceso está limitado al administrador del sistema, al supervisor y a los operarios de campo.

Figura 32. Imagen inicial HMI proceso de secado



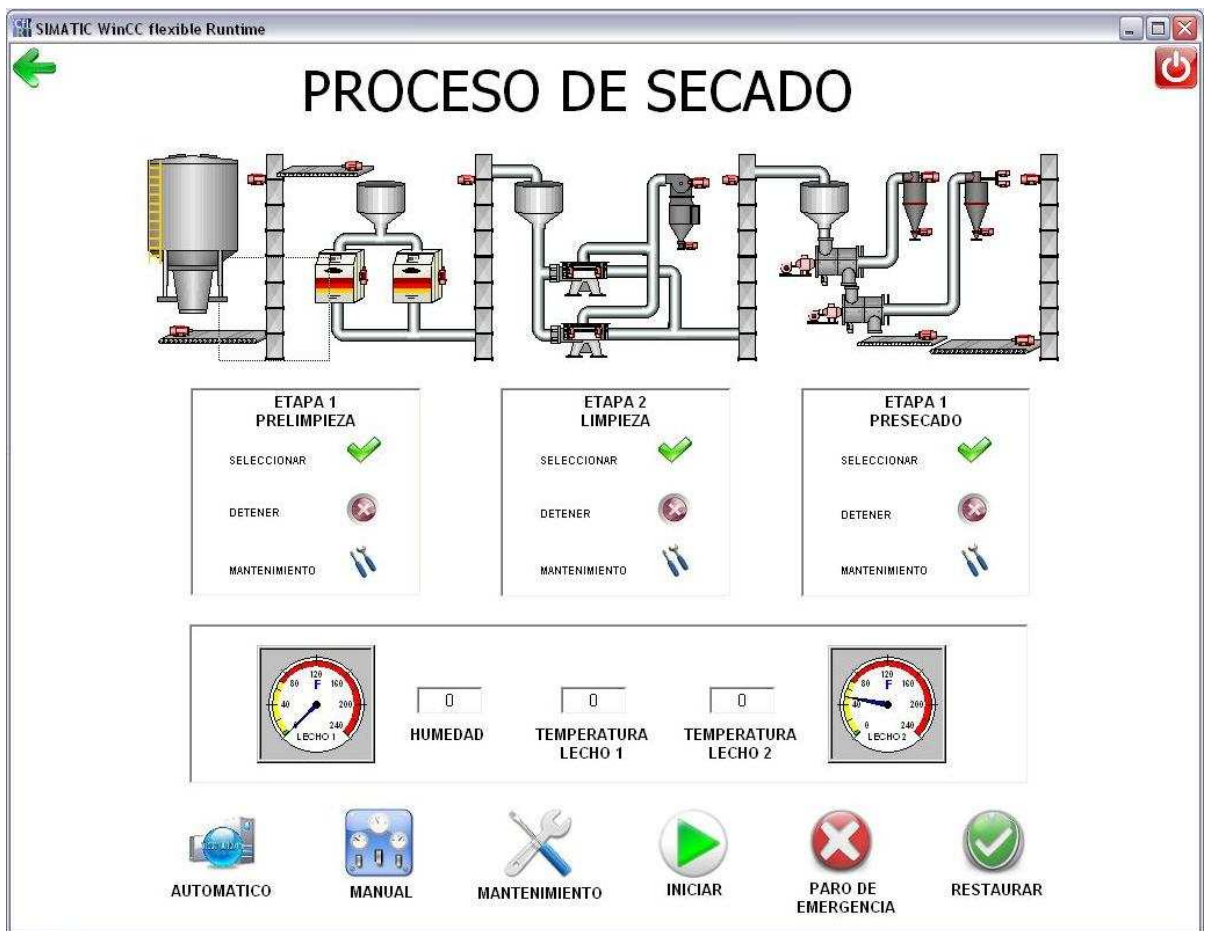
- El HMI desarrollado para el monitoreo de la planta, solo recibe datos del PLC mas no le envía señales a este debido a que esta interfaz ha sido desarrollada para personas que se encuentran distantes del proceso y consecuentemente no deben ingerir en el funcionamiento de este. Esta interfaz visualiza el estado actual de los elementos del proceso, la temperatura de los lechos fluidizados y la grafica de la temperatura respecto al tiempo.

Figura 33. Imagen de monitoreo HMI proceso de secado



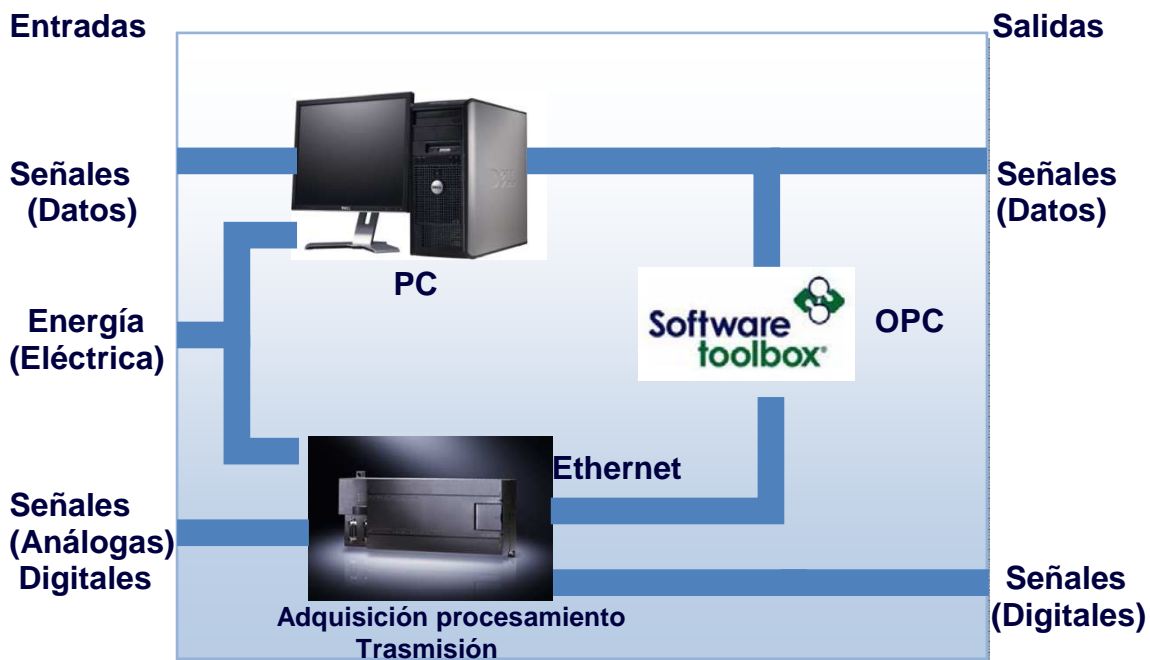
- El HMI desarrollado para el mando y monitoreo de la planta, envía y recibe del PLC, esta interfaz que posee acceso restringido, permite al usuario seleccionar el modo de funcionamiento que desee, manual, automático y mantenimiento, permite seleccionar la etapa del proceso que desee poner en funcionamiento, indicar la humedad de entrada del arroz paddy, visualizar la temperatura de los lechos fluidizados y el estado de los elementos del proceso

Figura 34. Imagen de mando y monitoreo HMI proceso de secado



8.2. DISEÑO DEL HARDWARE

Figura 35. Esquema descomposición 2 sistema de automatización



8.2.1. Adquisición, procesamiento y transmisión. La adquisición, el procesamiento y transmisión de las señales del proceso se realiza por medio de un conjunto de elementos especializados en automatización que se mencionan a continuación.

- **PLC S7-200.** La gama S7-200 comprende diversos sistemas de automatización que se pueden utilizar para numerosas tareas. Gracias a su diseño compacto, su capacidad de ampliación, su bajo costo y su amplio juego de operaciones, los PLCs S7-200 se adecúan para numerosas aplicaciones pequeñas de control. Además, los diversos tamaños y fuentes de alimentación de las CPUs ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización.

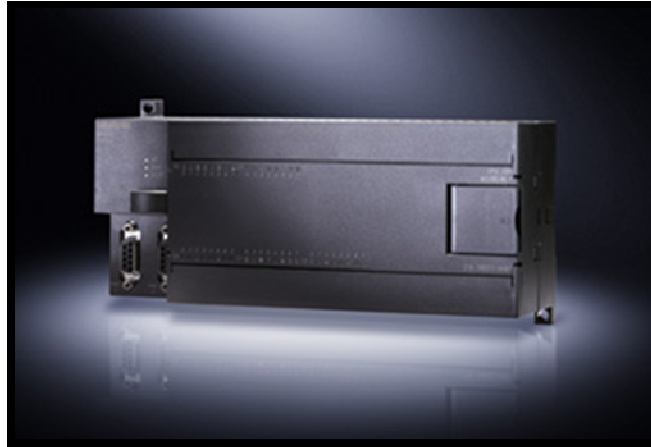
Para la selección de la CPU de la gama S7-200 se comparo las diferentes características que estas poseen con las necesidades del proceso y se opto por la CPU 226, debido a que es la que más se acerca a la cantidad de entradas y salidas digitales necesarias para el proceso definidas en el desarrollo de la programación del PLC la cual dio como resultado la implementación de 23 entradas y 29 salidas digitales.

Tabla 15. Comparación de las CPUs S7-200

Función	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP	CPU 226
Dimensiones físicas (mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120,5 x 80 x 62	140 x 80 x 62	190 x 80 x 62
Memoria del programa con edición en runtime sin edición en runtime	4096 bytes 4096 bytes	4096 bytes 4096 bytes	8192 bytes 12288 bytes	12288 bytes 16384 bytes	16384 bytes 24576 bytes
Memoria de datos	2048 bytes	2048 bytes	8192 bytes	10240 bytes	10240 bytes
Memoria de backup	50 horas (típ.)	50 horas (típ.)	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)	100 horas (típ.)
E/S integradas Digitales Analógicas	6 E/4 S -	8 E/6 S -	14 E/10 S -	14 E/10 S 2 E/1 S	24 E/16 S -
Módulos de ampliación	0 módulos	2 módulos ¹	7 módulos ¹	7 módulos ¹	7 módulos ¹
Contadores rápidos Fase simple	4 a 30 kHz	4 a 30 kHz	6 a 30 kHz	4 a 30 kHz 2 a 200 kHz	6 a 30 kHz
Dos fases	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	4 a 20 kHz	3 a 20 kHz 1 a 100 kHz	4 a 20 kHz
Salidas de impulsos (c.c.)	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	2 a 20 kHz	2 a 100 kHz	2 a 20 kHz
Potenciómetros analógicos	1	1	2	2	2
Reloj de tiempo real	Cartucho	Cartucho	Incorporado	Incorporado	Incorporado
Puertos de comunicación	1 RS-485	1 RS-485	1 RS-485	2 RS-485	2 RS-485
Aritmética en coma flotante	Sí				
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E / 128 S)				
Velocidad de ejecución booleana	0,22 microsegundos/operación				

La CPU 226 diseñada para procesos de automatización de alto nivel es una de las mejores CPUs de la gama S7-200, que consta de 24/16 entradas/salidas mas la capacidad de integrar 7 módulos de ampliación logrando una capacidad de 248 entradas/salidas, memoria de programa 16/24 KB y memoria de datos 10 KB. La cantidad de entradas que posee esta CPU facilita solo la integración de un modulo de ampliación de entradas y salidas digitales para cumplir con los requisitos del programa y reducir los costos de la implementación.

Figura 36. CPU 226



Fuente: Soporte para la automatización de procesos [en línea]. Alemania: siemens internacional, 2008. [Consultado 16 de Agosto de 2008]. Disponible en Internet: <http://support.automation.siemens.com>

- **Modulo de ampliación EM-223 16 entradas digitales / 16 salidas digitales.**

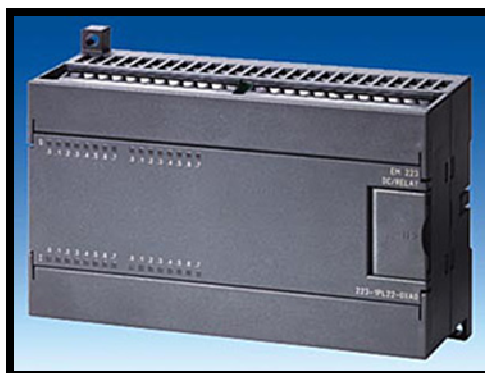
De acuerdo al programa realizado para la automatización del proceso de secado, es necesario tener la capacidad de adquirir 23 señales digitales del proceso y enviar 29 señales digitales al proceso, la CPU 226 cumple con 24 entradas y 16 salidas digitales, siendo necesaria la adquisición de un modulo de ampliación de salidas digitales que permita el envío de las 13 señales que la CPU-226 no tiene capacidad para enviar, por esta razón se opto por seleccionar el modulo de ampliación EM-223 que tiene la capacidad de adquirir 16 entradas digitales y enviar 16 señales digitales lo cual cumple con las condiciones necesarias para la buena ejecución del proceso y la posibilidad de adaptarse a una posible ampliación de la planta física del proceso.

Las características del modulo de ampliación EM-223 las podemos observar en la tabla 16.

Tabla 16. Características EM-223

Características generales		Entradas	
Dimensiones (l x a x p)	160 x 80 x 62 mm	Tipo de entrada	fuelle Tipo 1 con sumidero de corriente según IEC 1131-2
Peso	0,4 kg	Área en ON	DC 15 a 30 V, mín. 4 mA DC 35 V, 500 ms sobretensión transitoria
Disipación	5,5 W	Tensión nominal en ON	DC 24 V, 7 mA
E/S ¹	16 entradas digitales 16 salidas digitales	Máximo en OFF	DC 5 V, 1 mA
Homologaciones	UL 508 CSA C22.2 142 FM clase I, categoría 2 según VDE 0160 según CE	Tiempo de respuesta	máx. 4,0 ms
Salidas		Separación galvánica	AC 500 V, 1 minuto
Tipo de salida	MOSFET, fuente	Consumo	
Margen de tensión	DC 20,4 V a 28,8 V	Corriente disponible DC 5 V	210 mA del aparato central
Corriente de carga máxima	0 a 55° C	Corriente de sensor DC 24 V	120 mA del aparato central o de la fuente de alimentación externa
Las salidas se pueden conectar en paralelo para corrientes superiores.	0,5 A/salida	Corriente para salidas	Suministrada por el usuario a través del hilo neutro del módulo
Corriente de derivación	200 µA		
Retardo de conmutación	150 µs ON, 400 µs OFF		
Resistencia ON	máx. 400 mΩ		
Protección contra cortocircuitos	0,7 a 1,5 A/canal		
Separación galvánica	AC 500 V, 1 minuto		

Figura 37. EM-223



Fuente: Soporte para la automatización de procesos [en línea]. Alemania: siemens internacional, 2008. [Consultado 16 de Agosto de 2008]. Disponible en Internet: <http://support.automation.siemens.com>

- **Modulo de ampliación EM-235 4 entradas análogas / 1 salida análoga.** Este tipo de modulo se utilizo para adquirir el valor de la temperatura de los lechos fluidizados proveniente de las termocuplas, este modulo tiene la ventaja de poder

trabajar en diferentes rangos analógicos de entrada, la función del modulo EM-235 es adquirir la señal analógica, convertirla en una palabra de formato entero y transmitirla hacia la CPU quien procesa este valor de acuerdo al programa realizado.

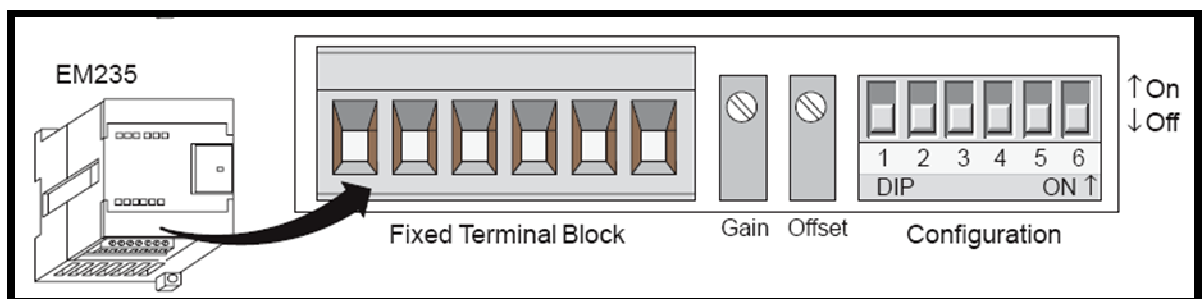
Figura 38. EM-235



Fuente: Soporte para la automatización de procesos [en línea]. Alemania: siemens internacional 2008. [Consultado 16 de Agosto de 2008]. Disponible en Internet: <http://support.automation.siemens.com>

Para seleccionar el rango de entrada de la señal analógica se deben configurar los dip switches que se encuentran en la parte inferior del modulo, para este caso se necesita configurar el modulo siguiendo la tabla 16 en un rango de trabajo de 0 – 20 mA debido a que los sensores de temperatura transmite una señal analógica de 4 – 20 mA.

Figura 39. Switches de configuración del EM-235



Fuente: Soporte para la automatización de procesos [en línea]. Alemania: siemens internacional, 2008. [Consultado 17 de Agosto de 2008]. Disponible en Internet: <http://support.automation.siemens.com>

Tabla 17. Configuración rango de trabajo las entradas análogas del EM-235

Unipolar						Full-Scale Input	Resolution
SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	0 to 50 mV	12.5 μ V
OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	0 to 100 mV	25 μ V
ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	0 to 500 mV	125 μ V
OFF	ON	OFF	OFF	ON	ON	0 to 1 V	250 μ V
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0 to 5 V	1.25 mV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0 to 20 mA	5 μ A
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	0 to 10 V	2.5 mV
Bipolar						Full-Scale Input	Resolution
SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	± 25 mV	12.5 μ V
OFF	ON	OFF	ON	OFF	OFF	± 50 mV	25 μ V
OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	± 100 mV	50 μ V
ON	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	± 250 mV	125 μ V
OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	± 500 mV	250 μ V
OFF	OFF	ON	OFF	ON	OFF	± 1 V	500 μ V
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	± 2.5 V	1.25 mV
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	± 5 V	2.5 mV
OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	± 10 V	5 mV

• **Procesador de comunicaciones para Industrial Ethernet CP 243-1.** El CP 243-1 es un procesador de comunicaciones que está previsto para utilizarlo en un autómatas programable S7-200. Permite conectar un sistema S7-200 a Industrial Ethernet. Usando un S7-200 y Step 7 Micro/WIN 32 se puede, por un lado, configurar, programar y diagnosticar vía Ethernet incluso a distancia, y por otro lado, un S7-200 puede comunicarse vía Ethernet con otro autómatas S7-200, con un S7-300 o con un S7-400. También es posible la comunicación con un servidor opc.

Industrial Ethernet es la red para el nivel de control y para el nivel de célula. Físicamente, Industrial Ethernet es una red eléctrica sobre la base de una línea coaxial apantallada, un cableado Twisted Pair o una red de fibra óptica sobre la base de un conductor de fibra óptica. Industrial Ethernet está definida por el estándar internacional IEEE 802.3.

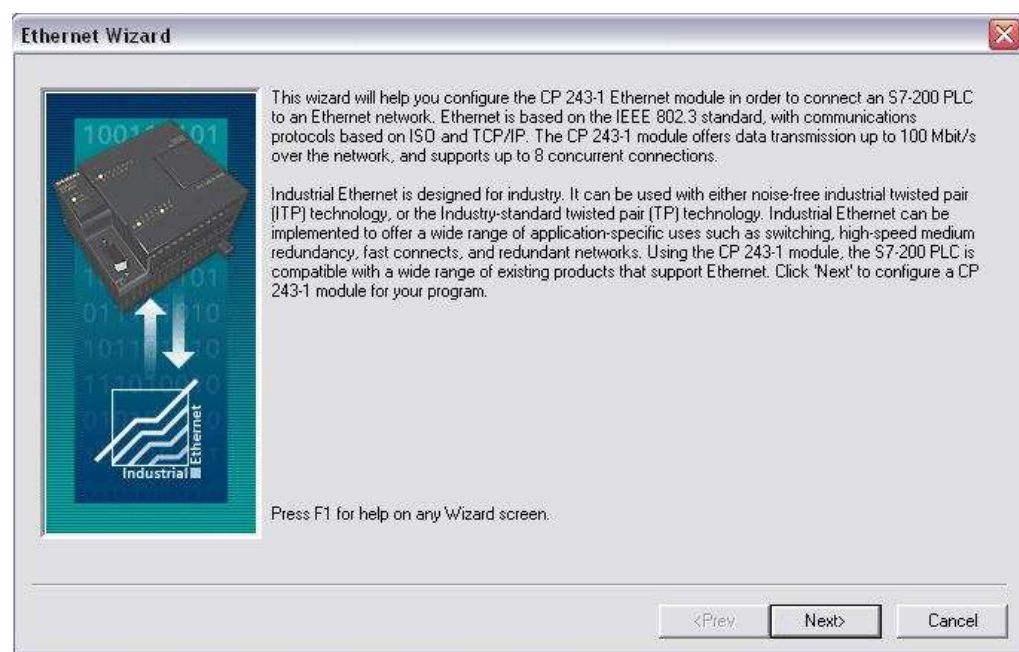
El CP 243-1 soporta un máximo de 8 canales de comunicaciones con clientes o servidores en uno o varios interlocutores de comunicaciones distanciados espacialmente. El CP 243-1 opera con cada canal siguiendo el principio cliente/servidor. Por cada canal se acepta, procesa y contesta con una respuesta positiva o negativa siempre una sola petición en cada caso. El CP 243-1 no acepta otra petición hasta que se ha enviado una respuesta.

Si el CP 243-1 recibe varias peticiones en un canal que está configurado como servidor, se procesará sólo la primera petición, ignorando las demás peticiones

hasta que se haya terminado la transacción, es decir, hasta que se haya enviado una respuesta. El CP 243-1 no dispone de una administración de peticiones específica para cada canal, y no guarda peticiones en memoria intermedia.

Para la configuración del modulo de comunicación CP 243-1 se utilizo el asistente Ethernet de STEP 7 Micro/WIN 32 en el cual se determina la posición del modulo de comunicación. Esta posición se puede predeterminar manualmente; o el asistente puede buscar un CP 243-1 en el sistema S7-200. Si el asistente encuentra un CP 243-1, en el sistema S7-200 se indicará automáticamente esa posición.

Figura 40. Asistente Ethernet de STEP 7 Micro/WIN 32



El siguiente paso es determinar los parámetros de direccionamiento TCP/IP y el modo de transmisión a utilizar. Se predetermino esos parámetros manualmente en las correspondientes ventanas de entrada.

Se determino cuántos enlaces debe mantener como máximo el CP 243-1 paralelamente en un intervalo de tiempo determinado. Como máximo se pueden determinar hasta 8 enlaces en este caso se determino 4 enlaces. Para cada uno de los enlaces que se especifiquen aquí aparecerá a continuación otro cuadro de diálogo donde se configura el enlace en cuestión.

El sistema S7-200 va a operar como servidor en un enlace, asignándole una dirección IP se puede determinar a qué interlocutor de comunicaciones se le va a conceder el acceso al sistema. Además se debe determinar el punto final de la

comunicación ("TSAP") en el interlocutor de comunicaciones desde el que se permiten accesos al sistema S7-200.

- **Fuente Sitop 2A Entrada 120/230 Vac; Salida 24 Vdc.** La fuente de alimentación SITOP 24V/2A, 5A, 10A ha sido concebida como un modulo (empotrable). La instalación de la fuente deberá realizarse de acuerdo a las normas y reglamentaciones nacionales. Sirve para su conexión a una red monofásica de 120 o 230V, 50/60Hz. Tensión de salida +24V DC, libre de potencial, protegida contra cortocircuitos y funcionamiento en vacio.

Por razones de una refrigeración en forma debida, la fuente debe montarse en posición vertical de modo que los bornes de entrada y de salida serán situados en la parte inferior. Por abajo y por arriba de la fuente, se debe dejar un espacio libre de 50mm como mínimo. Se conectará la tensión de alimentación (120/230V) y se pondrán los puentes necesarios para 120V de acuerdo con VDE 0100 y VDE 0160. Es preciso prever dispositivos de protección (fusibles) y seccionamiento para aislar la fuente de alimentación de la red.

Figura 41. Fuente Sitop 2A SIEMENS



Fuente: Soporte para la automatización de procesos [en línea]. Alemania: siemens internacional, 2008. [Consultado 18 de Agosto de 2008]. Disponible en Internet: <http://support.automation.siemens.com>

9. DISEÑO PARA MANUFACTURA

9.1. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE MANUFACTURA

Tabla 18. Equipos de automatización, Control y comunicaciones industriales.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR
1	1	Fuente Sitop 2A Entrada 120/230 Vac; Salida 24 Vdc.	\$ 342.281
2	1	CPU226, Fuente 24 Vdc, 24DI 24 Vdc, 16DO 24 Vdc, Mem 16/24KB, 2 Port MPI/PPI, 7 Mod Máx.	\$ 1.587.938
3	1	Interfaz Industrial Ethernet, 10/100 Mbits/s TCP/IP OPC Para CPU 22x.	\$ 1.181.250
4	1	EM223 Con sep. Galvánica 16DI 24 Vdc/16DO 2A Relé.	\$ 828.956
5	1	EM235 Módulo de 4 IN, 1 salida análoga, resolución 12 bits. Comunicaciones.	\$ 654.300
6	1	Cable Interfaz USB/PPI para comunicación y programación PC/S7-200	\$ 385.369
7	32	Bloque interfaz Relé entrada 24 Vdc, 2 contactos, ancho 15,5 mm.	\$ 824.400
8	2	PT-100 Longitud de montaje 100 mm, conexión eléctrica de 3 hilos, rango de medición de -50 a 400°C, Termopozo de acuerdo con DIN 43763, conexión a proceso rosca G 1/2"	\$ 825.000
9	4	Detector capacitivo cilíndrico para tensión de 10-65 Vdc, montaje rasante. Alcance 5mm, dimensiones M18x82. Salida NA/pnp, Cargabilidad 200 mA, 3 Cables.	\$ 2.034.500
10	1	WinCC flexible 2007 Runtime 128 Powertags SW Runtime, Single License SW y documentación En CD License Key en disq. Ejecutable Bajo Win2000/Xp Prof.	\$ 1.338.750
11	1	Licencia Software Toolbox TOP server, driver SIEMENS TCP/IP Ethernet	\$ 1.650.000
12	1	Computador OPTIPLEX 755 Core 2 Dúo E7200/2.53 GHz	\$ 2.500.331

Para este proyecto se ha consultado con el asesor de la empresa Kamati Ltda. Consiguiendo una respuesta positiva, sobre cualquier equipo que el proyecto

implique. El costo en el mercado de los componentes para el sistema de automatización, que suman un costo de de \$14.153.075.

9.2. COSTO DE ENSAMBLAJE

Para la instalación en campo sistema de automatización se requiere de la contratación de personal especializado y la adquisición de materiales eléctricos, puesto que los equipos del sistema poseen una gran complejidad al momento de interconectarlos.

Se consulto a la empresa Kamati Ltda. Experta en procesos de automatización, acerca de la instalación en campo del sistema y enviaron los siguientes requerimientos y costos para la puesta en marcha del sistema con un total de \$2.354.250.

Tabla 19. Materiales eléctricos para el tablero de control e instalaciones en campo.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR
1	1	Cofre Rebra en lamina Cold Rolled de 90x70x30	\$ 345.821
2	1	Transformador de 500 VA	\$ 263.039
3	1	Interruptor Termo magnético Mono polar 1X10A	\$ 26.260
4	1	Interruptor Termo magnético Mono polar 2X6A	\$ 68.900
5	4	Interruptor Termo magnético Mono polar 1X4A	\$ 82.680
6	4	Escuadra final para bornes 8WA1.	\$ 14.820
7	4	Bornes de conexión a tierra.	\$ 36.920
8	160	Bornes de conexión individuales por tornillo Tipo: 8WA1 011-1DF11, Corriente 26A, Conductores AWG 22-12, Ancho 6mm	\$ 478.400
9	200 mts.	cable vehículo 22 AWG	\$ 73.580
11	200	Marquillas	\$ 20.800
10	300	terminales blancos para cable 22 AWG	\$ 30.030
11	1	Materiales eléctricos menores.	\$ 325.000
12	1	Mano de obra eléctrica planos	\$ 588.000

10.CONCLUSIONES

Se diseño un sistema para la automatización del proceso de secado de arroz, utilizando el método del diseño mecatronico, el cual permitió el desarrollo de un software y la selección de un hardware, para que está a nivel de la competencia más fuerte, con un valor agregado y diferenciado, tanto funcionalmente como estéticamente, además de satisfacer principalmente al cliente.

Se estudio el comportamiento del proceso de secado, obteniendo una visión más detallada del proceso, identificando aspectos de este que el cliente no había tenido en cuenta y adquiriendo conocimientos nuevos sobre los procesos agroindustriales que se llevan a cabo dentro de la planta.

Se analizaron los requerimientos del proceso, lo cual permitió la generación de restricciones y premisas, que se tuvieron en cuenta al momento de desarrollar el diseño de la programación del PLC y el HMI, para lograr el mejor rendimiento posible del proceso.

Se diseño un sistema para la automatización del proceso de secado, el cual permite seleccionar diferentes modos de funcionamiento, manual, automático y mantenimiento, controlar la temperatura de los lechos fluidizados y reacciona ante una falla dentro del proceso. Este diseño fue validado con los elementos del laboratorio de Automática de la universidad Autónoma de Occidente.

Se Identificaron los pasos a seguir para la implementación del diseño desarrollado, como fueron la contratación de personas especializadas en los equipos a implementar, el mejoramiento de la estación de trabajo del operario de campo y el diseño de un nuevo tablero de potencia para los elementos del proceso.

Se adquirió nuevos conocimientos, gracias a la complejidad de este proyecto, sobre equipos y software utilizados en la automatización de procesos, por medio de estudio independiente y asesorías recibidas.

11.RECOMENDACIONES

Es necesaria una capacitación del personal que tendrá contacto directo con el sistema de automatización, para una adaptación rápida a este y evitar que el cambio sea demasiado traumático y genere rechazo por parte del personal.

Es necesario el desarrollo de un manual de usuario, el cual debe ser leído y entendido para seguridad y agilizar el proceso de funcionamiento y puesta en marcha del operario, además de que brinda una guía para evitar posibles errores del proceso.

Siempre se debe aclarar el alcance del proyecto con la empresa o el cliente, porque luego se pueden presentar discrepancias a la hora del producto final, es necesario tener un registro escrito.

BIBLIOGRAFIA

Actuadores y sensores [en línea]. España: tecnología y educación, 2000. [consultado 16 de Julio, 2008]. Disponible en Internet: <http://www.tecnoedu.com/>

CEKIT S.A. Curso práctico de electrónica industrial y automatización. Pereira: Alfaomega, 2002. 250 p.

Comunidad Internacional de electrónicos Foro [en línea]. Buenos Aires: Argentina, 2008. [Consultado 22 de Julio de 2008]. Disponible en internet en: <http://www.forosdeelectronica.com/>

CROUSE, William H. Puesta a punto y rendimiento del motor. 3 ed. México: Editorial Alfa Omega, 2002. 477 p.

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática Universidad de Valladolid [en línea]. Valladolid: Universidad de valladolid, 2008. [Consultado 10 de Agosto de 2008]. Disponible en internet en: <http://automaindus.googlepages.com/>

Documentation and Demonstration disks [en línea]. Moscú, Rusia: 2008. [Consultado 20 de Agosto de 2008]. Disponible en internet en: <http://www.plc.net.ru/>

Empresa INGETES S.A. [en línea]. Bogotá, Colombia: ingetes S.A. 2008. [consultado 30 de Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.ingetes.com/>

Empresa KAMATI LTDA. [en línea]. Cali, Colombia: Kamati Ltda. 2008. [Consultado 5 de Septiembre de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.kamatiltda.com/>

GARCIA, David. OPC OLE para Control de Procesos y Automatización en Fábrica [en línea]. México DF: Infoplac, 2008. [Consultado 26 de Julio de 2008]. Disponible en internet en: http://www.infoplac.net/Documentacion/Docu_Comunicacion/.

GARCIA, Emilio. Automatización de procesos industriales. 3 ed. México: Editorial Alfa Omega, 2001. 352 p.

Instrucciones de funcionamiento Siemens Micromaster [en línea]. Varel Road Congleton: Siemens, 1999. [consultado 9 Agosto de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.siemens.com>

Manual electrotécnico telesquemario Telemecanique [en línea]. España: Schneider Electric S.A., 1999. [consultado 9 enero de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.schneiderelectric.es>

Medición de la temperatura [en línea]. Buenos aires: Fluke, 2005. [consultado 20 octubre de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.viditec.com.ar/prensa>

Portal de Electricidad, Electrónica y Automática [en línea]. Salamanca, España, 2008. [Consultado 2 de Agosto de 2008]. Disponible en internet en: <http://olmo.pntic.mec.es>

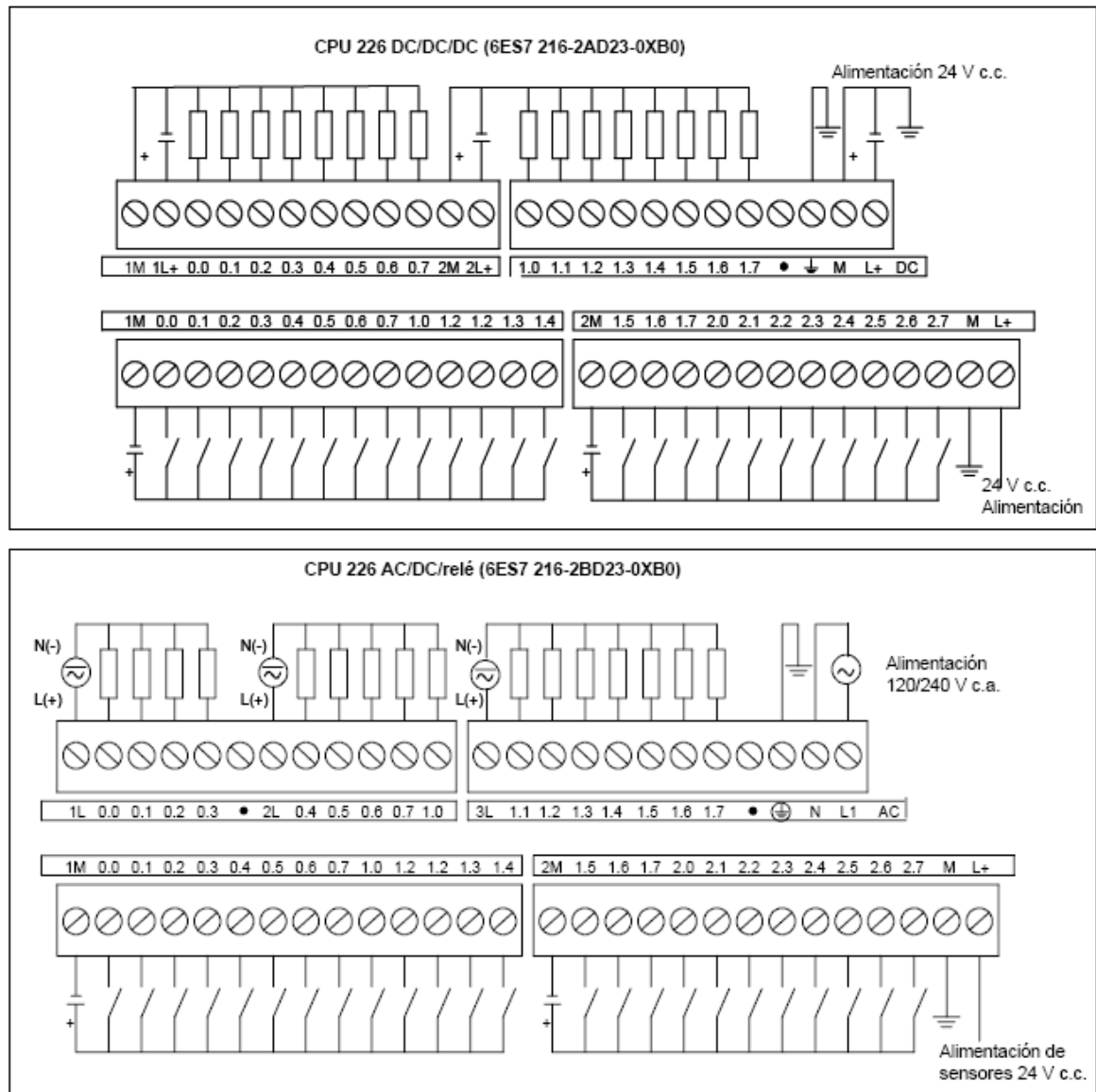
Sistemas de control [en línea]. Caracas: Alpargata, 1999. [Consultado 2 de Octubre de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.alpargata.org.ve/qscada.php>

SMITH, Carlos A; CORRIPIO, Armando. Control automático de procesos, teoría y práctica. México D.F.: Limusa, S.A. 1991. 717 p.

ANEXOS

Anexo A. Datos Técnicos de las CPUs 226

Figura Diagramas de cableado de las CPUs 226



Fuente: SIEMENS Industry Automation and Drive Technologies Service & Support [en línea]. Alemania: SIEMENS INTERNACIONAL 2008. Consultado 26 de Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://support.automation.siemens.com>

Diagrama de conexión para el CPU 226, mostrando las conexiones de los pines de entrada (IN) y salida (OUT) a los relés y contactores de la unidad de control.

Conexiones de Entrada (IN):

- IN0: COM
- IN1: 100
- IN2: 101
- IN3: 102
- IN4: 103
- IN5: 104
- IN6: 105
- IN7: 106
- IN8: 107
- IN9: 108
- IN10: 109
- IN11: 110
- IN12: 111
- IN13: 112
- IN14: 113
- IN15: 114
- IN16: 115
- IN17: 116
- IN18: 117
- IN19: 118
- IN20: 119
- IN21: 120
- IN22: 121
- IN23: 122

Conexiones de Salida (OUT):

- OUT0: 123
- OUT1: 124
- OUT2: 125
- OUT3: 126
- OUT4: 127
- OUT5: 128
- OUT6: 129
- OUT7: 130
- OUT8: 131
- OUT9: 132
- OUT10: 133
- OUT11: 134
- OUT12: 135
- OUT13: 136
- OUT14: 137
- OUT15: 138

Legenda de Señales:

START

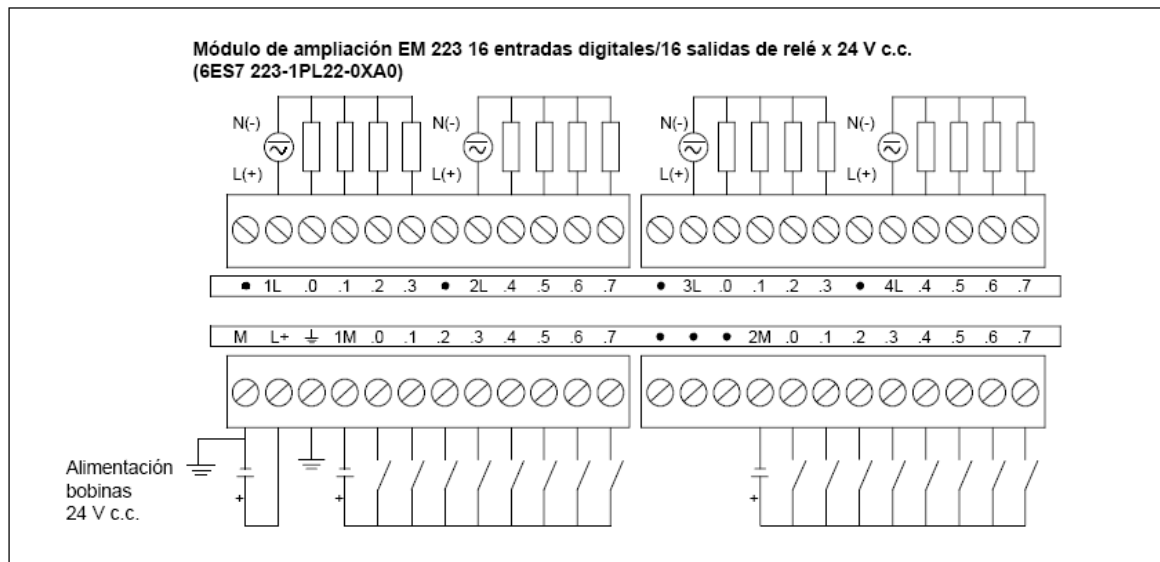
- 10.0 Inicio proceso
- 10.1 Selection modo Automatico
- 10.2 Selection modo Manual
- 10.3 Paro de Emergencia
- 10.4 Mantenimiento Elap2
- 10.5 Mantenimiento Elap1
- 10.6 Mantenimiento Elap3
- 10.7 Inicio Elap1
- 10.8 Inicio Elap2
- 10.9 Inicio Elap3
- 11.0 Detener Elap1
- 11.1 Detener Elap2
- 11.2 Detener Elap3
- 11.3 Sensor nivel maximo tolva 1
- 11.4 Sensor nivel minimo tolva 1
- 11.5 Sensor nivel maximo tolva 2
- 11.6 Sensor nivel minimo tolva 2
- 11.7 Terminos Elap1
- 11.8 Terminos Elap2
- 11.9 Terminos Elap3
- 12.0 Restauracion del sistema despues de una falla
- 12.1 Selection modo Mantenimiento

UNIDAD SOPORTE

- Q0.0 Bobina contactor Banda 1
- Q0.1 Bobina contactor Elevador 1
- Q0.2 Bobina contactor Banda 2
- Q0.3 Bobina contactor Scalper 1
- Q0.4 Bobina contactor Scalper 2
- Q0.5 Bobina contactor Elevador 2
- Q0.6 Bobina contactor Motor 1 MTRB1
- Q0.7 Bobina contactor Motor 2 MTRB2
- Q0.8 Bobina contactor Motor 3 MTRB3
- Q0.9 Bobina contactor Motor 4 MTRB4
- Q1.0 Bobina contactor Motor 5 MTRB5
- Q1.1 Bobina contactor Motor 6 MTRB6
- Q1.2 Bobina contactor Motor 7 MTRB7
- Q1.3 Bobina contactor Motor 8 MTRB8
- Q1.4 Bobina contactor Motor 9 MTRB9
- Q1.5 Bobina contactor Motor 10 MTRB10
- Q1.6 Bobina contactor Motor 11 MTRB11
- Q1.7 Bobina contactor Motor 12 MTRB12
- Q1.8 Bobina contactor Motor 13 MTRB13
- Q1.9 Bobina contactor Motor 14 MTRB14
- Q2.0 Bobina contactor Motor 15 MTRB15

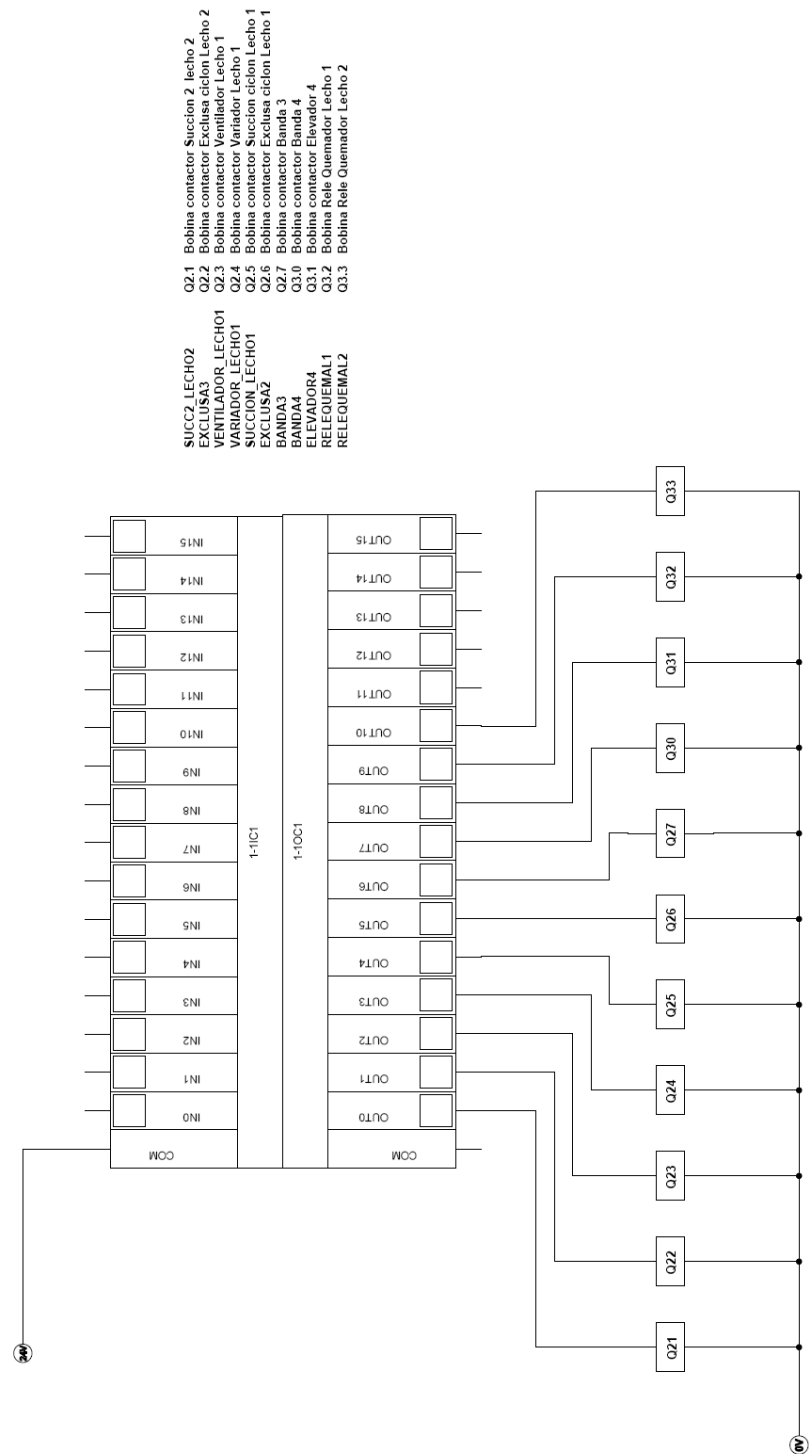
Anexo C. Datos Técnicos modulo de ampliación EM 223

Figura: Diagramas de cableado de los módulos de ampliación EM 223



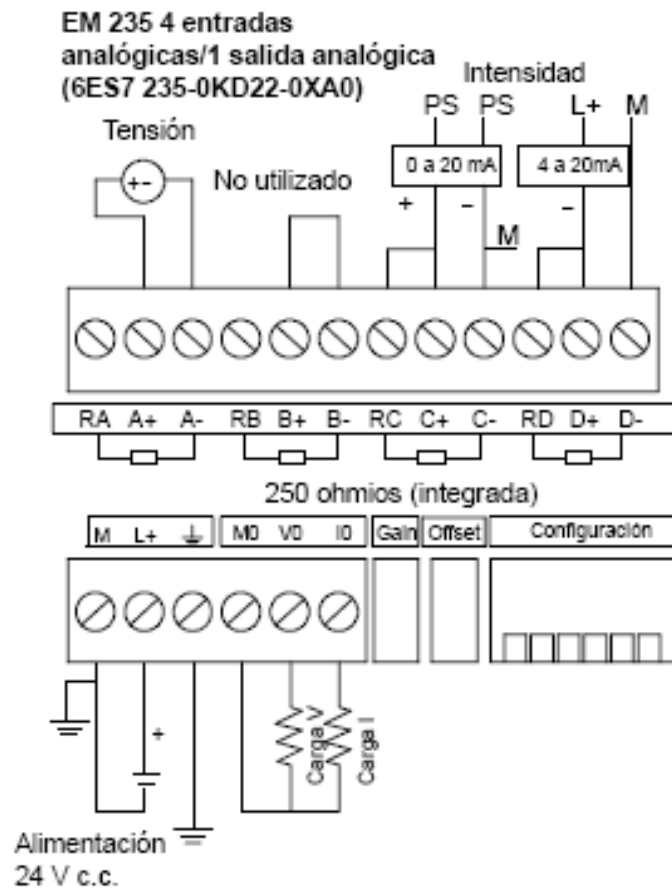
Fuente: SIEMENS Industry Automation and Drive Technologies Service & Support [en línea].
Alemania: SIEMENS INTERNACIONAL 2008. Consultado 26 de Julio de 2008]. Disponible en
Internet: <http://support.automation.siemens.com>

Anexo D. Diagramas de cableado del modulo EM 223 del sistema de automatización



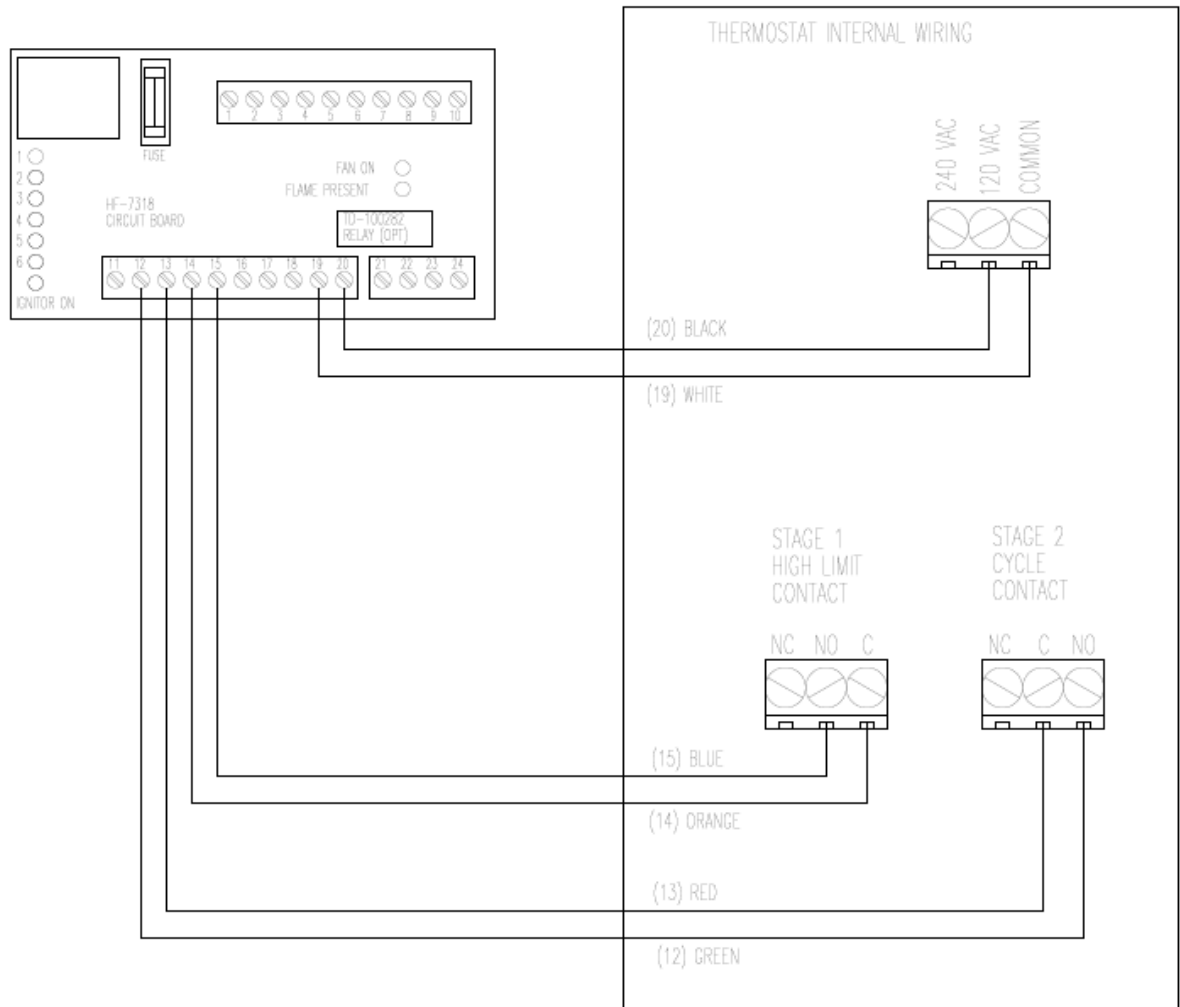
Anexo E. Datos Técnicos modulo de ampliación EM 235

Figura: Diagramas de cableado de los módulos de ampliación EM 235



Fuente: SIEMENS Industry Automation and Drive Technologies Service & Support [en línea]. Alemania: SIEMENS INTERNACIONAL 2008. Consultado 26 de Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://support.automation.siemens.com>

Anexo F. Diagrama de conexión tarjeta del quemador PNEG-583



Santiago de Cali, 28 de Noviembre de 2008

Doctor
JESUS ALFONSO LOPEZ
Director académico de Ingeniería Mecatronica
Universidad Autónoma de Occidente

Asunto: Aceptación dirección de proyecto de grado.

Con la presente me permito comunicarle el siguiente informe final de pasantía titulada “Diseño de un sistema para la automatización del proceso de secado de arroz” del cual soy director académico del proyecto, desarrollado por el estudiante Gustavo Adolfo Gómez Hernández identificado con el código 2030148, en la empresa Arrocería la Esmeralda S.A., con una duración de 6 meses; cumple satisfactoriamente en contenido con lo planteado inicialmente en el anteproyecto

Considerando lo anterior, ratifico que este proyecto ha sido revisado y aprobado por cumplir con los estándares de un proyecto de opción de grado.

De igual manera me permito solicitar la asignación de jurados y programar la fecha para la sustentación.

Atentamente,

EDWIN ANDRES ROJAS
Ingeniero Mecatronico

Santiago de Cali, 28 de Noviembre de 2008

Doctor
JESUS ALFONSO LOPEZ
Director académico de Ingeniería Mecatronica
Universidad Autónoma de Occidente

Asunto: Aceptación dirección de proyecto de grado.

Con la presente me permito comunicarle el siguiente informe final de pasantía titulada "Diseño de un sistema para la automatización del proceso de secado de arroz" del cual soy asesor externo del proyecto, desarrollado por el estudiante Gustavo Adolfo Gómez Hernández identificado con el código 2030148, en la empresa Arrocería la Esmeralda S.A., con una duración de 6 meses; cumple satisfactoriamente en contenido con lo planteado inicialmente en el anteproyecto.

Considerando lo anterior, ratifico que este proyecto ha sido revisado y aprobado por cumplir con los estándares de un proyecto de opción de grado.

Atentamente,

GUSTAVO ADOLFO MORENO
Jefe de molino

Anexo G.

DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE SECADO DE ARROZ

Gustavo Adolfo Gómez Hernández

*Universidad Autónoma de Occidente
Cali, Colombia*

Abstract: La industria molinera Arrocería La Esmeralda S. A. ha planteado una problemática que dio origen a este proyecto. Básicamente consiste en el diseño de un sistema para el control automatizado, de los elementos que conforman el proceso de secado, desarrollando mejoras en el proceso como la visualización del estado de los elementos, el reporte de fallas y el control de la temperatura de los lechos fluidizados

Teniendo en cuenta los parámetros de mayor importancia para la empresa, se decidió hacer un estudio del funcionamiento del proceso en el cual, se realizó una búsqueda de información con el jefe de área y los operarios, y se consignaron sugerencias sobre posibles mejoras.

Keywords: PLC, OPC, Ethernet, automatización, HMI, agroindustria, humedad, TCP/IP

asociados, para su buena conservación y posterior elaboración. Como es sabido, en

1. INTRODUCCIÓN

Arrocería La Esmeralda es una empresa dedicada a la producción de arroz de alta calidad. En este proceso de producción el grano de arroz es sometido a un proceso de secado ya que este grano, una vez cosechado necesita ser secado (reducción de su tenor de humedad) con el objetivo de disminuir el metabolismo propio de los granos y de los microorganismo a ellos

arroz es de fundamental importancia el rendimiento de entero y su calidad industrial. Por eso el secado es el primer grado de importancia en la pos – cosecha. Este proceso está dividido en 3 fases las cuales son prelimpieza, limpieza y presecado.

Limpieza del arroz con cáscara. En la operación de limpieza se busca remover la mayor parte del material extraño y semillas objetables que se encuentren en un lote de arroz que se recibe del campo.

Arrocera La Esmeralda S. A. concede mayor atención a esta labor porque facilita todas las operaciones posteriores del proceso y se traduce en mejor rendimiento en secado, mejor conservación del grano durante el almacenaje y mayor rendimiento en el descascarado.

Secamiento y almacenaje. El proceso de secamiento determina o incide en alto porcentaje sobre la calidad del arroz. El proceso de secado busca reducir el porcentaje de humedad del grano de arroz con cáscara hasta un 13%. Este proceso es realizado por medio de 2 lechos fluidizados. El aire del proceso se suministra al lecho a través de una placa especial de distribuidor perforada y fluye a través del lecho de sólidos a una velocidad suficiente para soportar el peso de las partículas en estado fluidizado. También es importante la temperatura de trabajo de cada lecho, que determina la humedad de salida del grano, y depende de la humedad de ingreso del grano de arroz.

La importancia de este proyecto radica en la necesidad de mantener un constante monitoreo sobre los elementos que conforman el proceso. Cumpliendo con una de las misiones de ARROCERA LA ESMERALDA S.A. la cual es Invertir, en la última tecnología sobre el procesamiento del arroz, y en la capacitación de todas las personas

involucradas en el, con el fin de alcanzar un control total de la calidad que nos permita ser cada día más competitivos dentro de las nuevas exigencias del mercado y pretende la elaboración del diseño de una Automatización para el proceso de secado del arroz.

2. PROCESO DE DISEÑO

La metodología implementada en el desarrollo de este proyecto, es el método de diseño mecatronico, enseñado y recomendado para proyectos de ingeniería en la Universidad Autónoma de Occidente, con el cual, se conformo un grupo de conceptos a desarrollar, utilizando un método de selección por comparaciones, en parte objetivas y en parte subjetivas, se obtuvo el mejor concepto a desarrollar y del cual se presenta a continuación el resultado de la descomposición funcional del sistema.

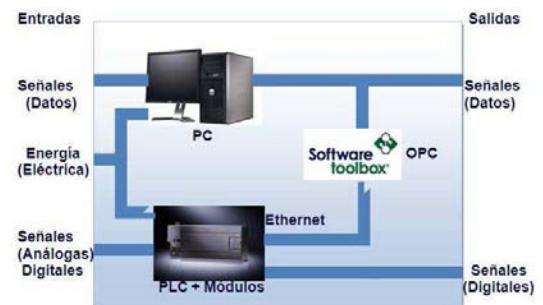


Figura 1. Esquema descomposición 2 sistema de automatización

La modularidad del dispositivo es la arquitectura modular slot (intercambiable), pues permite determinar las conexiones de los diferentes módulos de manera intercambiable y sin generar errores debido a que la distribución

geométrica es diferente para cada uno. Los módulos de este sistema son la CPU del PLC, el modulo de comunicación Ethernet, el modulo de entradas y salidas análogas, el modulo de entradas y salidas digitales, la fuente de alimentación, el software para enlace de datos en el nivel de aplicación, la interfaz hombre maquina y el PC.

2.1 PLC S7-200 CPU 226

La gama S7-200 comprende diversos sistemas de automatización que se pueden utilizar para numerosas tareas. Gracias a su diseño compacto, su capacidad de ampliación, su bajo costo y su amplio juego de operaciones, los PLCs S7-200 se adecúan para numerosas aplicaciones pequeñas de control.

Para la selección de la CPU de la gama S7-200 se comparo las diferentes características que estas poseen con las necesidades del proceso y se opto por la CPU 226, debido a que es la que más se acerca a la cantidad de entradas y salidas digitales necesarias para el proceso definidas en el desarrollo de la programación del PLC

La CPU 226 diseñada para procesos de automatización de alto nivel es una de las mejores CPUs de la gama S7-200, que consta de 24/16 entradas/salidas mas la capacidad de integrar 7 módulos de ampliación logrando una capacidad de 248 entradas/salidas, memoria de programa 16/24 KB y memoria de datos 10 KB. La cantidad de entradas que posee esta CPU facilita solo la integración de un modulo de ampliación de entradas y

salidas digitales para cumplir con los requisitos del programa y reducir los costos de la implementación.



Figura 2. CPU 226

2.2 MODULO DE AMPLIACIÓN EM-235 4 ENTRADAS ANÁLOGAS / 1 SALIDA ANÁLOGA

Este tipo de modulo se utilizo para adquirir el valor de la temperatura de los lechos fluidizados proveniente de las termocuplas, este modulo tiene la ventaja de poder trabajar en diferentes rangos analógicos de entrada, la función del modulo EM-235 es adquirir la señal análoga, convertirla en una palabra de formato entero y transmitirla hacia la CPU quien procesa este valor de acuerdo al programa realizado.



Figura 3. EM-235

2.3 MODULO DE AMPLIACIÓN EM-223 16 ENTRADAS DIGITALES / 16 SALIDAS DIGITALES

De acuerdo al programa realizado para la automatización del proceso de secado, es necesario tener la capacidad de adquirir 23 señales digitales del proceso y enviar 29 señales digitales al proceso, la CPU 226 cumple con 24 entradas y 16 salidas digitales, siendo necesaria la adquisición de un modulo de ampliación de salidas digitales que permita el envío de las 13 señales que la CPU-226 no tiene capacidad para enviar, por esta razón se opto por seleccionar el modulo de ampliación EM-223 que tiene la capacidad de adquirir 16 entradas digitales y enviar 16 señales digitales lo cual cumple con las condiciones necesarias para la buena ejecución del proceso y la posibilidad de adaptarse a una posible ampliación de la planta física del proceso.



Figura 4. EM-223

2.4 PROCESADOR DE COMUNI- CACIONES PARA INDUSTRIAL ETHERNET CP 243-1

El CP 243-1 es un procesador de comunicaciones que está previsto para utilizarlo en un autómata programable S7-200. Permite conectar un sistema S7-200 a Industrial Ethernet. Usando un S7-200 y STEP 7 Micro/WIN 32 se puede, por un lado, configurar, programar y diagnosticar vía Ethernet incluso a distancia. También es posible la comunicación con un servidor OPC.

Industrial Ethernet es la red para el nivel de control y para el nivel de célula. Físicamente, Industrial Ethernet es una red eléctrica sobre la base de una línea coaxial apantallada.

Para la configuración del modulo de comunicación CP 243-1 se utilizo el asistente Ethernet de STEP 7 Micro/WIN 32



Figura 5. CP-243

2.5 FUENTE SITOP 2A ENTRADA 120/230 VAC; SALIDA 24 VDC

La fuente de alimentación SITOP 24V/2A, 5A, 10A ha sido concebida

como un modulo (empotrable). La instalación de la fuente deberá realizarse de acuerdo a las normas y reglamentaciones nacionales. Sirve para su conexión a una red monofásica de 120 o 230V, 50/60Hz. Tensión de salida +24V DC, libre de potencial, protegida contra cortocircuitos y funcionamiento en vacío.

Por razones de una refrigeración en forma debida, la fuente debe montarse en posición vertical de modo que los bornes de entrada y de salida serán situados en la parte inferior. Por abajo y por arriba de la fuente,



Figura 6. Fuente sitop

2.6 DESARROLLO DEL SOFTWARE

El término software en este punto se refiere a los programas, lenguajes y normas que se utilizan para poder implementar los algoritmos de control en el PLC, los programas en las estaciones de operación o HMI, la configuración de los enlaces de comunicaciones, las áreas de memoria compartidas y las direcciones de red.

Para realizar el diseño del software para la automatización del proceso de secado primero se realizo el análisis de la planta y la identificación de las fallas existentes dentro del proceso se opto por dividir el proceso en 3 etapas (Prelimpieza, Limpieza y Presecado).

Posteriormente al análisis del proceso se procede a realizar un programa para el autómatas con las siguientes especificaciones.

- Se debe tener modos funcionales de automático, manual, mantenimiento, paro de emergencia y restauración del sistema.
- En caso de ocurrir una falla dentro de un elemento del proceso, esta falla causara la suspensión de la etapa a la que este elemento pertenezca.
- Los sensores de nivel de las tolvas determinan el funcionamiento de las diferentes etapas del proceso dependiendo de la ubicación de estos.
- Cada etapa del proceso se podrá poner en marcha o detener de manera independiente, así como también se podrá colocar en modo mantenimiento en caso de ser necesario.
- En caso de ocurrir una falla en el circuito eléctrico de alimentación del proceso de secado, al momento de solucionarse el inconveniente, el proceso debe volver a sus condiciones iniciales.
- El programa procesara los valores ingresados al PLC por medio de los módulos de entradas analógicas para el

control de la temperatura de los lechos fluidizados.

- El programa debe permitir controlar el proceso desde la interfaz grafica.
- Para la elaboración del algoritmo que cumpliera con los requisitos necesarios para el buen funcionamiento del proceso, se opto por dividir el programa en 2 fases, la primera fase se encargara del control de los elementos del proceso y la segunda se encargara del control de la temperatura del lecho fluidizado.

La programación del PLC para el control de temperatura se realizo teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Los sensores de temperatura tienen un rango de trabajo de 0 – 350 °C y la señal de salida es de 4 – 20 mA.
- El modulo de entradas análogas que debe estar configurado en el rango de entrada analógica 0 – 20 mA, este suministra a la CPU del autómata el valor de la temperatura en un valor entero de 0 – 32000.
- La temperatura ideal para cada lecho depende de la humedad del grano al entrar al proceso de secado, esta humedad es introducida por el operario de campo por medio de la interfaz, esta humedad apunta hacia las temperaturas que debe mantener cada lecho durante el proceso como lo podemos observar en la tabla.

Tabla 1. Temperatura de los lechos según el % de humedad

HUMEDAD DE PADDY DE ENTRADA (%)	°F AIRE DEL LECHO 1	°F AIRE DEL LECHO 2
16	140	140
17	140	140
18	160	140
19	180	160
20	200	200
21	200	200
22	220	220
23	220	220
24	220	220
25	220	220
26	220	220
27	220	220
28	220	220
29	220	220
30	220	220
31	220	220
32	220	220

2.7 SOFTWARE PARA ENLACE DE DATOS EN EL NIVEL DE APLICACIÓN.

Se utiliza la técnica OPC (OLE para Control de Procesos) que permite enlaces en sistemas operativos Windows

El Servidor OPC se encarga de realizar las funciones de mando o monitoreo sobre el sistema implementado en un PLC o Directamente sobre las variables físicas

de E/S para realizar control, monitoreo y mando desde la aplicación Cliente

El software a utilizar para realizar este enlace es TOP SERVER el cual es una aplicación de herramientas OPC y conectividad dispositivos – HMI. La configuración de este software para el sistema de automatización

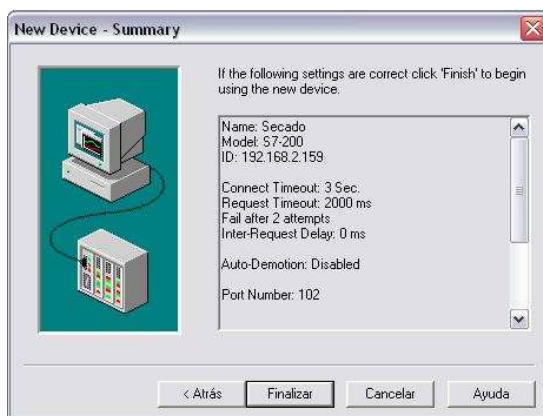


Figura 7. Resumen configuración del enlace

2.8 DESARROLLO DEL (HMI) INTERFAZ HOMBRE MAQUINA

La interfaz hombre máquina para el sistema de automatización, la podemos considerar como una ventana al proceso, donde se puede realizar control y monitoreo y donde las señales del proceso son conducidas. Esta interfaz ha sido desarrollada en WinCC flexible el cual el sistema de ingeniería para todas las tareas de configuración.

Para este proyecto se desarrollo un HMI que consta de una imagen inicial, en la cual el usuario selecciona la interfaz que desea observar, la interfaz de monitoreo es de libre acceso, pero la interfaz de mando y monitoreo el acceso está

limitado al administrador del sistema, al supervisor y a los operarios de campo.



Figura 8. Imagen inicial HMI proceso de secado

El HMI desarrollado para el monitoreo de la planta, solo recibe datos del PLC mas no le envía señales a este debido a que esta interfaz ha sido desarrollada para personas que se encuentran distantes del proceso y consecuentemente no deben ingerir en el funcionamiento de este. Esta interfaz visualiza el estado actual de los elementos del proceso, la temperatura de los lechos fluidizados y la grafica de la temperatura respecto al tiempo.

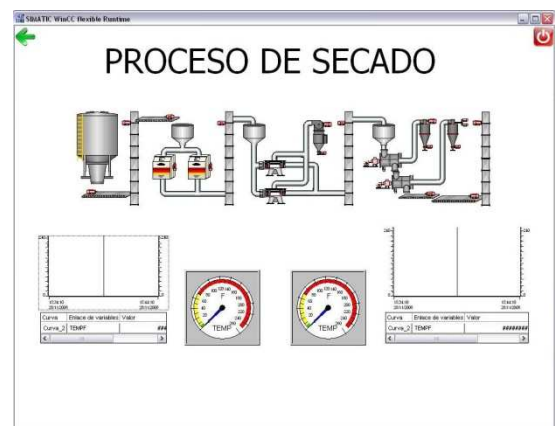


Figura 9. HMI monitoreo proceso de secado

El HMI desarrollado para el mando y monitoreo de la planta, envía y recibe del PLC, esta interfaz que posee acceso restringido, permite al usuario seleccionar el modo de funcionamiento que desee, manual, automático y mantenimiento, permite seleccionar la etapa del proceso que desee poner en funcionamiento, indicar la humedad de entrada del arroz paddy, visualizar la temperatura de los lechos fluidizados y el estado de los elementos del proceso



Figura 29. Imagen de mando y monitoreo HMI proceso de secado

3. CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema para la automatización del proceso de secado de arroz, utilizando el método del diseño mecatrónico, el cual permitió el desarrollo de un software y la selección de un hardware, para que está a nivel de la competencia más fuerte, con un valor agregado y diferenciado, tanto funcionalmente como estéticamente, además de satisfacer principalmente al cliente.

Se estudió el comportamiento del proceso de secado, obteniendo una visión más detallada del proceso, identificando aspectos de este que el cliente no había tenido en cuenta y adquiriendo conocimientos nuevos sobre los procesos agroindustriales que se llevan a cabo dentro de la planta.

Se analizaron los requerimientos del proceso, lo cual permitió la generación de restricciones y premisas, que se tuvieron en cuenta al momento de desarrollar el diseño de la programación del PLC y el HMI, para lograr el mejor rendimiento posible del proceso.

Se diseñó un sistema para la automatización del proceso de secado, el cual permite seleccionar diferentes modos de funcionamiento, manual, automático y mantenimiento, controlar la temperatura de los lechos fluidizados y reacciona ante una falla dentro del proceso. Este diseño fue validado con los elementos del laboratorio de Automática de la universidad Autónoma de Occidente.

Se identificaron los pasos a seguir para la implementación del diseño desarrollado, como fueron la contratación de personas especializadas en los equipos a implementar, el mejoramiento de la estación de trabajo del operario de campo y el diseño de un nuevo tablero de potencia para los elementos del proceso.

Se adquirió nuevos conocimientos, gracias a la complejidad de este proyecto, sobre equipos y software utilizados en la automatización de procesos, por medio de estudio independiente y asesorías recibidas.

REFERENCIAS

Actuadores y sensores. Capitulo 4. [en línea]. España: tecnología y educación, 2000. [consultado 16 de Julio, 2008]. Disponible en Internet: <http://www.tecnoedu.com/>

Cadena arroceras, proceso industrial del arroz [en línea] s.f [consultado 18 Junio 2008]. Disponible en Internet: URL: www.induarroz.com

Medición de la temperatura [en línea]. Buenos aires: Fluke, 2005. [consultado 20 octubre de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.viditec.com.ar/prensa>

Sistemas de control [en línea]. Caracas: Alpagata, 1999. [Consultado 2 de Octubre de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.alpagata.org.ve/qscada.php>

Empresa INGETES S.A. [en línea]. Bogotá, Colombia: INGETES S.A. 2008. consultado 30 de Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.ingetes.com/>

CEKIT S.A. Curso práctico de electrónica industrial y automatización. Pereira: Alfaomega, 2002. 250 p.

Manual electrotécnico telesquemario Telemecanique [en línea] España: Schneider Electric S.A., 1999. [consultado 9 enero de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.schneiderelectric.es>

GARCIA, Emilio. Automatización de procesos industriales. 3 ed. México: Editorial Alfa Omega, 2001. 352 p.

Portal de automatización industrial [en línea]. México DF: México, 2008. [Consultado 26 de Julio de 2008]. Disponible en internet en: <http://www.infoplcn.net/>

Revista de Electricidad, Electrónica y Automática [en línea]. Salamanca, España, 2008. [Consultado 2 de Agosto de 2008]. Disponible en internet en: <http://olmo.pntic.mec.es>

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática Universidad de Valladolid [en línea]. Valladolid, España, 2008. [Consultado 10 de Agosto de 2008]. Disponible en internet en: <http://automaindus.googlepages.com/>

Empresa KAMATI LTDA. [en línea]. Cali, Colombia: KAMATI LTDA. 2008. Consultado [5 de Septiembre de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.kamatiltda.com/>

Documentation and Demonstration disks [en línea]. Moscú, Rusia, 2008. [Consultado 20 de Agosto de 2008]. Disponible en internet en: <http://www.plcn.net.ru/>